



PROYEK AKHIR TERAPAN - RC 096599

DISAIN STRUKTUR STEEL-CONCRETE COMPOSITE BOX GIRDER
BRIDGES DENGAN BETON PRECAST UNTUK PERENCANAAN
SPECIAL SPAN LIGHT RAIL TRANSIT (LRT) JAKARTA

MOH. HADIYATULLAH
NRP. 3115 040 505

PEMBIMBING 1 :
Ir. CHOMAEDI, CES., GEO.
NIP. 19550319 198403 1 001

PEMBIMBING 2 :
Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS
NIP. 19600105 198603 1 003

PROGRAM STUDI LANJUT JENJANG DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2016



THE FINAL PROJECT - RC 096599

DESIGN STRUCTURE OF STEEL-CONCRETE COMPOSITE BOX
GIRDER BRIDGES WITH CONCRETE PRECAST FOR SPECIAL
SPAN LIGHT RAIL TRANSIT (LRT) PLANNING JAKARTA

MOH. HADIYATULLAH
NRP. 3115 040 505

ADVISER 1 :
Ir. CHOMAEDI, CES., GEO.
NIP. 19550319 198403 1 001

ADVISER 2 :
Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS
NIP. 19600105 198603 1 003

DIPLOMA IV LJ OF CIVIL ENGINEERING
CIVIL ENGINEERING AND PLANNING FACULTY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA 2016

LEMBAR PENGESAHAN

PROYEK AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Sains Terapan
Pada
Program Studi Lanjut Jenjang DIV Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya, Juli 2016

Disusun Oleh :

Mahasiswa,



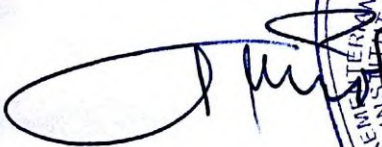
Moh. Hadiyatullah
NRP. 3115040505

Disetujui oleh pembimbing proyek akhir:

Dosen Pembimbing 1

Dosen Pembimbing 2,

03 AUG 2016



Ir. Chomaedhi, CES., GEO
NIP. 19550319 198403 1 001



Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS
NIP. 19600105 198603 1 003



**LEMBAR PERNYATAAN
PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai mahasiswa Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini saya:

Nama : MOH. HADIYATULLAH
Nrp : 3115.040.505
Jurusan / Fak. : D4 LI TEKNIK SIPIL
Alamat Kontak : Jln. MENUR PUMPUNGAN Gg. III no. 1
a. Email : okkidoki23212@gmail.com
b. Telp/HP : 082 332 607 655

Menyatakan bahwa semua yang saya *upload* di Digital Library ITS merupakan hasil final (revisi terakhir) dari karya ilmiah saya yang sudah disahkan oleh dosen penguji. Apabila dikemudian hari ditemukan ada ketidaksesuaian dengan kenyataan, maka saya bersedia menerima sanksi.

Demi perkembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan **Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif (Non-Exclusif Royalti Free Right)** kepada Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya atas karya ilmiah saya yang berjudul:

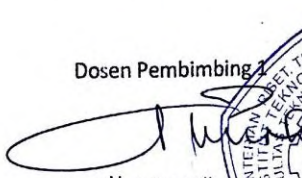
DISAIN STRUKTUR STEEL- CONCRETE COMPOSITE BOX GIRDER BRIDGES
DENGAN BETON PRECAST UNTUK PERENCANAAN SPECIAL SPAN LIGHT RAIL TRANSIT
(LRT) JAKARTA-

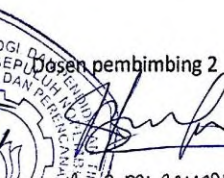
Dengan Hal Bebas Royalti Non-Eksklusif ini, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data lain untuk kepentingan akademis tanpa meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya Ilmiah saya ini tanpa melibatkan pihak Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dosen Pembimbing 1

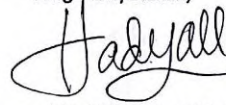
Dosen pembimbing 2


Ir. CHOMAEDHI, S.T., M.Eng.
NIP. 19550319 198403 001


RENDI RAHARDJO, M.S.
NIP. 19600105 198603 1003

PROGR. STUDI DIPLOMA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

Dibuat di : Surabaya
Pada tanggal : 1 Agustus 2016
Yang menyatakan,


MOH. HADIYATULLAH
Nrp 3115 040 505

KETERANGAN:

Tanda tangan pembimbing wajib dibubuhi stempel jurusan.

Form dicetak dan diserahkan ke bagian Pengadaan saat mengumpulkan hard copy TA/Tesis/Disertasi

ABSTRAK
DISAIN STRUKTUR STEEL-CONCRETE
COMPOSITE BOX GIRDER BRIDGES UNTUK
PERENCANAAN SPECIAL SPAN JALUR LIGHT RAIL
TRANSIT (LRT) JAKARTA

Nama Mahasiswa : MOH. HADIYATULLAH
NRP : 3115040505

Dosen Pembimbing 1 : Ir. CHOMAEDHI, CES., Geo.
NIP : 19550319 198403 1 001

Dosen Pembimbing 2 : Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS
NIP : 19600105 198603 1 003

Metodologi desain pada elemen struktur Light Rail Transit (LRT) mengacu pada sistem yang direkomendasikan dalam peraturan ACI (American Concrete Institute) dan Transit Cooperative Research Program (TCRP Report 155) serta didukung oleh peraturan Indonesia SNI (Standar Nasional Indonesia).

Rekomendasi dari peraturan ACI, TCRP Report maupun SNI menjelaskan tentang klarifikasi struktur utama maupun struktur tambahan pada desain LRT seperti persyaratan kuat leleh, kemampuan layan, efisiensi biaya, metode konstruksi pada daerah padat serta faktor-faktor lain yang mempengaruhi proses konstruksi pada tempat yang padat dan ramai seperti kota Jakarta.

Menurut TCRP Report 155, LRT adalah evolusi dari sistem teknologi kereta listrik. Kereta listrik telah mendominasi transportasi dalam kota di Amerika sejak Perang Dunia ke-2. Namun setelah perang selesai, sistem lama dengan menggunakan bus sebagai transportasi kota lebih banyak digunakan dan hanya beberapa kereta listrik yang bekerja.

The American Public Transportation Association (APTA) mendefinisikan Light Rail Transit sebagai sistem kereta listrik yang dapat beroperasi dengan satu atau lebih kereta baik di atas tanah, di struktur jembatan, subway ataupun di jalan utama kota. Sistem LRT juga dapat menaikkan dan menurunkan penumpang di stasiun ataupun di jalan serta sistem LRT dapat dilengkapi dengan kabel listrik.

Kata Kunci: *LRT, Steel-concrete composite box girder bridges, pilar*

ABSTRACT
**DESIGN OF STEEL-CONCRETE COMPOSITE
STRUCTURE BOX GIRDER BRIDGES WITH
CONCRETE PRECAST FOR SPECIAL SPAN LIGHT
RAIL TRANSIT (LRT) PLANNING JAKARTA**

Student Name : MOH. HADIYATULLAH
NRP : 3115040505

Advisers 1 : Ir. CHOMAEDHI, CES, Geo
NIP : 19550319 198403 1 001

Advisers 2 : Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS
NIP : 19600105 198603 1 003

Struktur elements of design methodology at the Light Rail Transit (LRT) refers to the system recommended in peraturan ACI (American Concrete Institute) and the Transit Cooperative Research Program (TCRP Report 155) and supported by the Indonesian regulatory SNI (Indonesian National Standard).

Recommendations of regulation ACI, TCRP Report and SNI describes the clarification of the main structure and additional structures on the design of the LRT as the requirements of yield strength, the ability of fishermen, cost efficiency, methods of construction in densely populated areas as well as other factors affecting the construction process on a solid place and crowded city like Jakarta.

According TCRP Report 155, LRT is the evolution of the technology system of electric trains. Electric train has dominated transport in cities in the United States since World War 2. But after the war was over, the old system of using buses as the city's transport more widely used and only a few electric trains that work.

The American Public Transportation Association (APTA) defined as the Light Rail Transit system of electric trains that can operate with one or more trains both above ground, in the structure of the bridge, subway or in the main street of town. LRT system can also raise and lower cross-section at the station or on the road and LRT systems can be equipped with an electric cable.

Kata Kunci: *LRT, Steel-concrete composite box girder bridges, pier*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
ABSTRAK.....	iii
ABSTRACT.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xix
DAFTAR NOTASI.....	xxii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penulisan.....	3
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Lokasi Proyek Akhir	4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Struktur Box Baja.....	6
2.2 Prinsip-Prinsip Desain Umum.....	8
2.3 Tegangan Lentur	9
2.4 Tegangan Geser.....	10
2.5 Desain Pembebanan	11
2.5.1 Train Load Vehicle Standart	11
2.5.2 Beban Gempa.....	17
2.5.3 Beban Rem.....	22
2.5.4 Beban Angin	22
2.6 Sambungan.....	23
2.7 Perencanaan Perletakan.....	25
2.8 Perencanaan Pondasi.....	31

BAB III METODOLOGI

3.1 Studi Literatur	35
3.2 Pengumpulan Data	35
3.3 Preliminary Design	35

3.4 Pembebanan	36
3.5 Analisa Perencanaan Struktur	36
3.6 Kontrol Kestabilan Struktur	38
3.7 Perencanaan Bangunan Bawah	38
3.8 Penggambaran Hasil Perencanaan	38
3.9 Diagram Alir Metodologi.....	39
 BAB IV PRELIMINARY DESIGN	
4.1 Beban Mati.....	43
4.2 Beban Hidup	44
4.3 Beban Lingkungan	46
4.3.1 Beban Angin	46
4.3.2 Beban Gempa.....	46
4.4 Kombinasi Pembebanan.....	57
 BAB V PERENCANAAN BANGNAN SEKUNDER	
5.1 Perencanaan Pelat Precast	59
5.1.1 Spesifikasi dan Faktor Beban.....	59
5.1.2 Pembebanan	60
5.1.3 Perhitungan Momen.....	60
5.1.4 Penulangan Pelat.....	61
5.1.5 Cek Stage Erection.....	64
5.1.6 Analisa Kekuatan Angkur.....	64
5.1.7 Shear Connector.....	66
 BAB VI BOX GIRDER	
6.1 Box Girder.....	71
6.2 Hasil Analisa Struktur	71
6.3 Kontrol Lendutan yang Terjadi	72
6.4 Kontrol Tegangan	72
6.4.1 Kontrol Tegangan dan Sambungan 1	73
6.4.2 Kontrol Tegangan dan Sambungan 2	80
6.4.3 Kontrol Tegangan dan Sambungan 3	87
6.4.4 Kontrol Tegangan dan Sambungan 4	94
6.4.5 Kontrol Tegangan dan Sambungan 5	101

6.4.6 Kontrol Tegangan dan Sambungan 6...	108
6.5 Sambungan Stiffner pada steel-concrete composite box girder bridges	115
6.5.1 Sambungan Las pada Transverse Stiffner ..	115
6.5.1.1 Transverse Stiffner 1	116
6.5.1.2 Transverse Stiffner 2	117
6.5.1.3 Transverse Stiffner 3	118
6.5.1.4 Transverse Stiffner 4	120
6.5.1.5 Transverse Stiffner 5	121
6.5.1.6 Transverse Stiffner 6	123
6.5.1.7 Transverse Stiffner 7	124
6.5.1.8 Transverse Stiffner 8	125
6.5.1.9 Transverse Stiffner 9	127
6.5.1.10 Transverse Stiffner 10	128
6.5.1.11 Transverse Stiffner 11	130
6.5.1.12 Transverse Stiffner 12	131
6.5.1.13 Transverse Stiffner 13	132
6.5.1.14 Transverse Stiffner 14	134
6.5.1.15 Transverse Stiffner 15	135
6.5.1.16 Transverse Stiffner 16	137
6.5.1.17 Transverse Stiffner 17	138
6.5.1.18 Transverse Stiffner 18	139
6.5.1.19 Transverse Stiffner 19	141
6.5.1.20 Transverse Stiffner 20	142
6.5.1.21 Transverse Stiffner 21	144
6.5.1.22 Transverse Stiffner 22	145
6.5.1.23 Transverse Stiffner 23	146
6.5.1.24 Transverse Stiffner 24	148
6.5.1.25 Transverse Stiffner 25	149
6.5.2 Sambungan Las pada Web Longitudinal Stiffner	151
6.5.2.1 Web Longitudinal Stiffner	151

BAB VII PERLETAKAN

7.1 Perencanaan Perletakan Sendi.....	155
7.2 Perencanaan Perletakan Rol.....	160

BAB VIII STRUKTUR BANGUNAN BAWAH

8.1 Data Umum Perencanaan Bangunan Bawah.....	165
8.2 Perencanaan Pilar dan Pondasi.....	166
8.2.1 Perencanaan Pilar P1.....	166
8.2.1.1 Analisis dan Pembebanan	167
8.2.1.2 Dimensi Pilar P1	167
8.2.1.3 Data Bangunan Atas	167
8.2.1.4 Rencana Mutu Bahan.....	168
8.2.1.5 Perhitungan Daya Dukung Tiang Kelompok.....	168
8.2.1.6 Perhitungan Daya Dukung Batas Pondasi.....	169
8.2.1.7 Perhitungan Efisiensi Tiang Borpile	176
8.2.1.8 Kontrol Kekuatan Tiang	177
8.2.1.9 Perencanaan Penulangan Borpile 1200 mm	181
8.2.1.10 Perencanaan Penulangan P1	184
8.2.2 Perencanaan Pilar P2.....	195
8.2.2.1 Analisis dan Pembebanan	195
8.2.2.2 Dimensi Pilar P2	196
8.2.2.3 Data Bangunan Atas	196
8.2.2.4 Rencana Mutu Bahan.....	196
8.2.2.5 Perhitungan Daya Dukung Tiang Kelompok.....	196
8.2.2.6 Perhitungan Daya Dukung Batas Pondasi.....	198
8.2.2.7 Perhitungan Efisiensi Tiang Borpile	205

8.2.2.8 Kontrol Kekuatan Tiang	206
8.2.2.9 Perencanaan Penulangan Borpile 1800 mm	210
8.2.2.10 Perencanaan Penulangan P2	212
8.2.3 Perencanaan Pilar P3	224
8.2.3.1 Analisis dan Pembebanan	225
8.2.3.2 Dimensi Pilar P3	226
8.2.3.3 Data Bangunan Atas	226
8.2.3.4 Rencana Mutu Bahan	226
8.2.3.5 Perhitungan Daya Dukung Tiang Kelompok	226
8.2.3.6 Perhitungan Daya Dukung Batas Pondasi	228
8.2.3.7 Perhitungan Efisiensi Tiang Borpile	235
8.2.3.8 Kontrol Kekuatan Tiang	235
8.2.3.9 Perencanaan Penulangan Borpile 1800 mm	240
8.2.3.10 Perencanaan Penulangan P3	242
8.2.4 Perencanaan Pilar P4	254
8.2.4.1 Analisis dan Pembebanan	255
8.2.4.2 Dimensi Pilar P4	255
8.2.4.3 Data Bangunan Atas	255
8.2.4.4 Rencana Mutu Bahan	256
8.2.4.5 Perhitungan Daya Dukung Tiang Kelompok	256
8.2.4.6 Perhitungan Daya Dukung Batas Pondasi	257
8.2.4.7 Perhitungan Efisiensi Tiang Borpile	264
8.2.4.8 Kontrol Kekuatan Tiang	265
8.2.4.9 Perencanaan Penulangan Borpile 1200 mm	269

8.2.4.10 Perencanaan Penulangan P4	271
BAB IX	285
DAFTAR PUSTAKA	287
LAMPIRAN	
BIODATA PENULIS	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Skema Pembebanan RM 1921	12
Tabel 2.2 Besarnya nilai factor amplikasi 0,2 detik	20
Tabel 2.3 Besarnya nilai factor amplikasi 1,0 detik	21
Tabel 2.4 Beban angin jembatan tanpa kereta dan dengan kereta.....	22
Tabel 2.5 Tipe-tipe baut	24
Tabel 2.6 Tipikal perletakan.....	19
Tabel 2.7 Kapasitas perletakan ekspansi	21
Tabel.2.6 Koefisien gesekan perletakan	25
Tabel 4.1 Berat jenis bahan	43
Tabel 4.2 Beban angina jembatan tanpa kereta dan dengan kereta.....	46
Tabel 4.3 Data tanah untuk menentukan jenis tanah.....	49
Tabel 4.4 Kelas situs	50
Tabel 4.5 Faktor amplikasi untuk periode 0 detik dan 0,2 detik	51
Tabel 4.6 Besarnya nilai factor amplikasi untuk periode 1 detiik	51
Tabel 4.7 Nilai C dan T untuk wilayah gempa zona 3	54
Tabel 4.8 Zona gempa.....	54
Tabel 4.9 Kombinasi pembebanan	57
Tabel 6.1 Tipikal lendutan pada jembatan kereta api	72

Tabel 6.2 Hasil tegangan dari output SAP2000.....	73
Tabel 6.3 Hasil tegangan dari output SAP2000.....	80
Tabel 6.4 Hasil tegangan dari output SAP2000.....	87
Tabel 6.5 Hasil tegangan dari output SAP2000.....	94
Tabel 6.6 Hasil tegangan dari output SAP2000.....	101
Tabel 6.7 Hasil tegangan dari output SAP2000.....	108
Tabel 6.8 Hasil tegangan dari output SAP2000.....	116
Tabel 6.9 Hasil tegangan dari output SAP2000.....	118
Tabel 6.10 Hasil tegangan dari output SAP2000.....	119
Tabel 6.11 Hasil tegangan dari output SAP2000.....	120
Tabel 6.12 Hasil tegangan dari output SAP2000.....	122
Tabel 6.13 Hasil tegangan dari output SAP2000.....	123
Tabel 6.14 Hasil tegangan dari output SAP2000.....	125
Tabel 6.15 Hasil tegangan dari output SAP2000.....	126
Tabel 6.16 Hasil tegangan dari output SAP2000.....	127
Tabel 6.17 Hasil tegangan dari output SAP2000.....	129
Tabel 6.18 Hasil tegangan dari output SAP2000.....	130
Tabel 6.19 Hasil tegangan dari output SAP2000.....	132
Tabel 6.20 Hasil tegangan dari output SAP2000.....	133
Tabel 6.21 Hasil tegangan dari output SAP2000.....	134
Tabel 6.22 Hasil tegangan dari output SAP2000.....	136
Tabel 6.23 Hasil tegangan dari output SAP2000.....	137

Tabel 6.24 Hasil tegangan dari output SAP2000	139
Tabel 6.25 Hasil tegangan dari output SAP2000	140
Tabel 6.26 Hasil tegangan dari output SAP2000	141
Tabel 6.27 Hasil tegangan dari output SAP2000	143
Tabel 6.28 Hasil tegangan dari output SAP2000	144
Tabel 6.29 Hasil tegangan dari output SAP2000	146
Tabel 6.30 Hasil tegangan dari output SAP2000	147
Tabel 6.31 Hasil tegangan dari output SAP2000	148
Tabel 6.32 Hasil tegangan dari output SAP2000	150
Tabel 6.33 Hasil tegangan dari output SAP2000	152
Tabel 7.1 Muller-Breslau	155
Tabel 8.1 Hasil reaksi dari perletakan bangunan atas	167
Tabel 8.2 Perhitungan gaya spring yang terjadi pada tiang borpile 1200mm	170
Tabel 8.3 Intensitas gaya geser dinding tiang (fi)	172
Tabel 8.4 Kapasitas tiang borpile 1200 mm.....	175
Tabel 8.5 Hasil output SAP2000 dari reaksi tiang borpile 1200 mm.....	177
Tabel 8.6 Hasil output SAP2000 dari reaksi tiang borpile 1200 mm.....	190
Tabel 8.7 Hasil output SAP2000 dari reaksi tiang borpile 1200 mm.....	192

Tabel 8.8 Hasil reaksi dari perletakan bangunan atas	196
Tabel 8.9 Perhitungan gaya spring yang terjadi pada tiang borpile 1800 mm	199
Tabel 8.10 Intensitas gaya geser dinding tiang (fi)	201
Tabel 8.11 Kapasitas tiang borpiple 1800 mm	204
Tabel 8.12 Hasil output SAP2000 dari reaksi tiang borpiple 1800mm	206
Tabel 8.13 Hasil output SAP2000 dari reaksi tiang borpiple 1800 mm	219
Tabel 8.14 Hasil output SAP2000 dari reaksi tiang borpiple 1800 mm	221
Tabel 8.15 Hasil reaksi dari perletakan bangunan atas	225
Tabel 8.16 Perhitungan gaya spring yang terjadi pada tiang borpiple 1800 mm	229
Tabel 8.17 Intensitas gaya geser dinding tiang (fi)	231
Tabel 8.18 Kapasitas tiang borpiple 1800 mm	234
Tabel 8.19 Hasil output SAP2000 dari reaksi tiang borpiple 1800mm	236
Tabel 8.20 Hasil output SAP2000 dari reaksi tiang borpiple 1800 mm	249
Tabel 8.21 Hasil output SAP2000 dari reaksi tiang borpiple 1800 mm	251

Tabel 8.22 Hasil reaksi dari perletakan bangunan atas	256
Tabel 8.23 Perhitungan gaya spring yang terjadi pada tiang borpile 1200 mm	259
Tabel 8.24 Intensitas gaya geser dinding tiang (fi)	261
Tabel 8.25 Kapasitas tiang borpile 1200 mm.....	264
Tabel 8.26 Hasil output SAP2000 dari reaksi tiang borpile 1200 mm.....	266
Tabel 8.27 Hasil output SAP2000 dari reaksi tiang borpile 1200 mm.....	279
Tabel 8.28 Hasil output SAP2000 dari reaksi tiang borpile 1200 mm.....	281

“Halaman ini sengaja dikosngkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Peta lokasi proyek akhir jembatan LRT	4
Gambar 2.1 Tipikal penampang melintang dari komposit box girder.....	7
Gambar 2.2 Ukuran dari jarak antar flange	7
Gambar 2.3 Tipikal komponen dari komposit box girder	8
Gambar 2.4 Train vehicle loads	11
Gambar 2.5 Beban lateral.....	16
Gambar 2.1 Peta respon spektra percepatan untuk probabilitas terlampaui 18% dalam 50 tahun.....	18
Gambar 2.2 Peta respon spectra percepatan 0,2 detik untuk probabilitas terlampaui 18% dalam 50 tahun.....	18
Gambar 2.8 Peta respon spectra percepatan 1,0 detik untuk probabilitas terlampaui 18% dalam 50 tahun.....	19
Gambar 2.9 Respon Spektrum	20
Gambar 2.10 Perletakan sendi.....	30
Gambar 2.11 Perletakan rol	31
Gambar 3.1 Diagram alir metodologi	41
Gambar 4.1 Peraturan yang digunakan untuk SAP2000	42
Gambar 4.2 Metode beban lane (beban berjalan) yang digunakan pada aplikasi SAP2000	44
Gambar 4.3 Konfigurasi pembebanan LRT 2 train set.....	44
Gambar 4.4 Pembebanan car train gandar pada SAP2000.....	45

Gambar 4.5 Data tanah.....	48
Gambar 4.6 Input grafik respon spectrum pada SAP2000	53
Gambar 4.7 Peta Respon Spektra percepatan 0,2 detik untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun.....	55
Gambar 4.8 Peta Respon Spektra percepatan 0,2 detik untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun.....	56
Gambar 5.1 Ilustrasi penampang pelat precast	66
Gambar 5.2 Sketsa pengangkuran pada pelat precast.....	67
Gambar 6.1 Steel-concrete composite box girder bridges.....	71
Gambar 7.1 Detail perletakan sendi	156
Gambar 7.2 Detail perletakan pen. sendi dan letak baut angkur ..	160
Gambar 7.3 Perletakan rol	161
Gambar 8.1 Rencana penempatan pier	165
Gambar 8.2 Tampak melintang pilar P1.....	166
Gambar 8.3 Rencana konfigurasi tiang borpile 1200 mm untuk pilar P1	169
Gambar 8.4 Data tanah.....	173
Gambar 8.5 Grafik nilai qd/N tiang borpile D-1200 mm	174
Gambar 8.6 Kapasitas daya dukung tanah horizontal	178
Gambar 8.7 Hasil output SAP2000 untuk kebutuhan tulangan borpile 1200 mm	182
Gambar 8.9 Penulangan borpile 1200 mm dengan program Pca Col	182
Gambar 8.10 Hasil output SAP2000 untuk kolom pilar P1.....	187

Gambar 8.11 Penulangan kolom pilar 2 x 2 dengan Program Pca Col	187
Gambar 8.12 Penampang poer	189
Gambar 8.13 Tampak melintang pilar P2.....	195
Gambar 8.14 Rencana konfigurasi tiang borpile 1800 mm untuk pilar P2	198
Gambar 8.15 Data tanah	202
Gambar 8.16 Grafik nilai qd/N tiang borpile D-1800 mm	203
Gambar 8.17 Kapasitas daya dukung tanah horizontal	207
Gambar 8.18 Hasil output SAP2000 untuk kebutuhan tulangan borpile 1800 mm	211
Gambar 8.19 Penulangan borpile 1800 mm dengan program Pca Col	211
Gambar 8.20 Hasil output SAP2000 untuk kolom pilar P2	216
Gambar 8.21 Penulangan kolom pilar 3 x 3 dengan Program Pca Col	216
Gambar 8.22 Penampang poer	218
Gambar 8.23 Tampak melintang pilar P3.....	224
Gambar 8.24 Rencana konfigurasi tiang borpile 1800 mm untuk pilar P2	227
Gambar 8.25 Data tanah	232
Gambar 8.26 Grafik nilai qd/N tiang borpile D-1800 mm	233
Gambar 8.27 Kapasitas daya dukung tanah horizontal	237

Gambar 8.28 Hasil output SAP2000 untuk kebutuhan tulangan borpile 1800 mm	240
Gambar 8.29 Penulangan borpile 1800 mm dengan program Pca Col	241
Gambar 8.30 Hasil output SAP2000 untuk kolom pilar P3.....	246
Gambar 8.31 Penulangan kolom pilar 3 x 3 dengan Program Pca Col	247
Gambar 8.32 Penampang poer	248
Gambar 8.33 Tampak melintang pilar P4.....	254
Gambar 8.34 Rencana konfigurasi tiang borpile 1200 mm untuk pilar P4	258
Gambar 8.35 Data tanah	262
Gambar 8.36 Grafik nilai qd/N tiang borpile D-1200 mm	263
Gambar 8.37 Kapasitas daya dukung tanah horizontal	267
Gambar 8.38 Hasil output SAP2000 untuk kebutuhan tulangan borpile 1200 mm	271
Gambar 8.39 Penulangan borpile 1200 mm dengan program Pca Col	271
Gambar 8.40 Hasil output SAP2000 untuk kolom pilar P4.....	276
Gambar 8.41 Penulangan kolom pilar 2 x 2 dengan Program Pca Col	276
Gambar 8.42 Penampang poer	278

DAFTAR NOTASI

b	= pelat sayap, dinyatakan dalam milimeter, (mm)
l	= bentang pelat diukur dari pusat ke pusat tumpuan (dalam meter)
t_s	= tebal slab/pelat
γ	= berat jenis
q_D	= beban mati
q_L	= beban hidup
M_D	= Momen akibat beban mati
M_L	= Momen akibat beban hidup
M_u	= momen ultimate
f_c'	= Kuat tekan beton yang disyaratkan (MPa)
f_y	= Kuat leleh yang disyaratkan untuk tulangan non prategang
ρ_{\max}	= Rasio tulangan tarik maksimum
ρ_{\min}	= Rasio tulangan tarik minimum
ϕ	= Faktor reduksi kekuatan
ϕ_b	= Faktor reduksi kuat lentur
ϕ_f	= Faktor reduksi kekuatan saat fraktur
ϕR_n	= kuat rencana
d_b	= Diameter tulangan lentur (mm)
E_c	= Modulus elastisitas beton (Mpa)
E	= Modulus elastisitas baja (Mpa)
f_{CR}	= tegangan kritis
f_y	= Tegangan leleh (MPa)
f'_c	= Mutu beton (MPa)
G	= Modulus geser baja, dinyatakan dalam Mega Pascal (MPa)
h	= tinggi bersih pelat sayap profil baja (mm)
I	= Momen inersia (mm ⁴)
I_w	= konstanta warping, (mm ⁶)
I_y	= Momen inersia pada sumbu-y (mm ⁴)
J	= konstanta torsi (mm ⁴)
I_e	= Faktor keutamaan gempa
L_{db}	= Panjang penyaluran (mm)
m	= Jumlah bidang geser
M_n	= Kuat lentur nominal (Nmm)
t_w	= tebal pelat badan profil baja, dinyatakan dalam milimeter, (mm)

- tf = tebal pelat sayap, dinyatakan dalam milimeter, (mm).
Vu = gaya geser terfaktor, dinyatakan dalam newton, (N);
Vn = kuat geser nominal pelat badan (N).

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Transportasi pada hakekatnya adalah bertujuan untuk memenuhi kebutuhan pergerakan atau perpindahan seseorang atau suatu barang dari suatu tempat ke tempat lain untuk memenuhi kebutuhan tertentu. Transportasi memiliki peranan penting dan strategi mencapai tujuan-tujuan diantaranya adalah dalam pembangunan nasional, mengingat transportasi merupakan sarana untuk memperlancar roda perekonomian, memperkokoh persatuan dan kesatuan serta mempengaruhi hampir semua aspek kehidupan. Oleh karena itu dalam memenuhi kebutuhan dan tujuan diatas oleh karena itu dibutuhkan sarana dan prasarana yang baik dan mumpuni supaya maksud diatas dapat terselenggara dengan baik.

Salah satu sarana yang dapat dipertimbangkan dalam pemenuhan kebutuhan akan transportasi masyarakat dilihat dari segi kualitas perjalanannya adalah *Light Rail Transit (LRT)*. LRT adalah salah satu sarana transportasi massal yang berbasis rel dalam melakukan pergerakan dan mengangkut penumpang/barang. Sarana LRT ini banyak diterapkan di berbagai negara di dunia, karena dianggap sebagai salah satu sarana yang baik untuk memenuhi pergerakan massal di tiap negara tersebut. Di Indonesia sendiri, pemerintah khususnya Kementerian Perhubungan Republik Indonesia, sedang gencar untuk merencanakan

pembangunan LRT sebagai sarana transportasi massal yang diharapkan dapat memperbaiki dan meningkatkan kualitas di berbagai aspek (perhubungan, tata kota, perekonomian, dan aspek lainnya) khususnya di ibukota negara, yaitu Jakarta.

Metodologi desain pada elemen struktur *Light Rail Transit* (LRT) mengacu pada sistem yang direkomendasikan dalam peraturan ACI (*American Concrete Institute*) dan *Transit Cooperative Research Program* (TCRP Report 155) serta didukung oleh peraturan Indonesia SNI (Standar Nasional Indonesia).

Rekomendasi dari peraturan ACI, TCRP Report maupun SNI menjelaskan tentang klarifikasi struktur utama maupun struktur tambahan pada desain *LRT* seperti persyaratan kuat leleh, kemampuan layan, efisiensi biaya, metode konstruksi pada daerah padat serta faktor-faktor lain yang mempengaruhi proses konstruksi pada tempat yang padat dan ramai seperti kota Jakarta.

Menurut TCRP Report 155, LRT adalah evolusi dari sistem teknologi kereta listrik. Kereta listrik telah mendominasi transportasi dalam kota di Amerika sejak Perang Dunia ke-2. Namun setelah perang selesai, sistem lama dengan menggunakan bus sebagai transportasi kota lebih banyak digunakan dan hanya beberapa kereta listrik yang bekerja.

The American Public Transportation Association (APTA) mendefinisikan *Light Rail Transit* sebagai sistem kereta listrik yang dapat beroperasi dengan satu atau lebih kereta baik di atas tanah, di struktur jembatan, subway ataupun di jalan utama kota.

Sistem LRT juga dapat menaikkan dan menurunkan penampang di stasiun ataupun di jalan serta sistem LRT dapat dilengkapi dengan kabel listrik.

1.2 Rumusan Masalah

Dengan berpedoman pada latar belakang yang telah dijelaskan di atas, penulis ingin meninjau segi teknis untuk perencanaan struktur sebagai berikut:

1. Merencanakan struktur bangunan atas untuk dapat menahan beban hidup sesuai dengan standar spesifikasi kendaraan kereta INKA.
2. Merencanakan bangunan bawah untuk dapat menopang beban di atasnya.
3. Melakukan pemodelan struktur dengan menggunakan SAP 2000 v14.2.2
4. Menggambar hasil perhitungan kedalam autoCAD

1.3 Tujuan Penulisan

Dengan berlandaskan pada rumusan masalah di atas, maka tujuan dari penulisan proyek akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Merencanakan dimensi struktur bangunan atas sesuai dengan kemampuan dalam menahan beban hidup dengan standar spesifikasi kendaraan kereta INKA.
2. Merencanakan bangunan bawah dari struktur jembatan berupa tiang pancang.
3. Melakukan pemodelan struktur dari kemampuan jembatan dengan menggunakan SAP 2000 v14.2.2.

4. Menggambar dari setiap detail jembatan sesuai dengan perhitungan struktur baik untuk bangunan atas, dan bangunan bawah.

1.4 Batasan Masalah

Dalam proyek akhir ini, batasan masalah yang akan dibahas antara lain:

1. Perencanaan struktur utama dan struktur sekunder bangunan atas jembatan.
2. Perencanaan struktur bawah jembatan dan pondasi.
3. Perencanaan sistem perletakan jembatan.
4. Merencanakan bangunan pelengkap jembatan.
5. Tidak menghitung biaya konstruksi.

1.5 Lokasi Proyek

Lokasi proyek jembatan LRT disajikan dalam peta lokasi berikut,



Gambar 1.1 Peta Lokasi Proyek Akhir Jembatan LRT

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Perencanaan konstruksi jembatan didasarkan pada prosedur-prosedur yang memberikan kemungkinan yang dapat diterima untuk mencapai suatu keadaan batas selama umur rencana jembatan. Jembatan tidak direncanakan untuk menyangga semua kemungkinan beban dan kondisi, seperti beban kondisi perang. Tetapi semua kemungkinan beban dan pengaruh yang mungkin terjadi dapat diramal sebetulnya serta rasional harus diperhitungkan dalam perencanaan.

Kekuatan dan ketahanan sebuah komponen jembatan ditetapkan berdasarkan pada anggapan bahwa tegangan-tegangan yang terjadi pada komponen berbanding lurus dengan regangan-regangan dan tegangan maksimum yang dihitung berdasarkan pada batasan yang telah ditetapkan pada peraturan-peraturan yang berlaku.

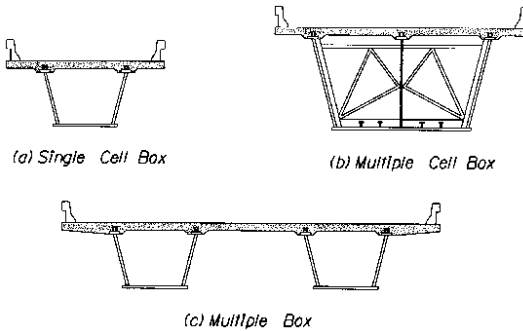
Box girder digunakan secara luas dalam pembangunan jalan raya, lengkungan horizontal, dan jembatan yang membentang panjang. Box girder memiliki kapasitas lentur yang lebih tinggi dan kekakuan torsional, dan bentuknya yang tertutup mengurangi permukaan terbuka dan membuatnya kurang rentan terhadap korosi. Permukaannya rata dan berstruktur.

Ada dua jenis kotak girder baja, yaitu box komposit dengan kerangka baja-beton (contohnya susunan kotak baja dengan dek beton) dan kotak

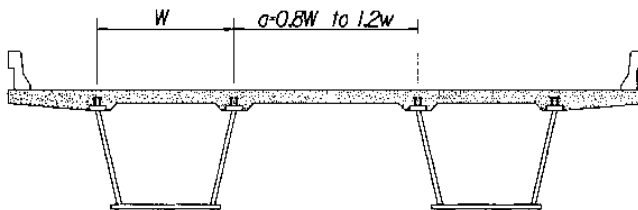
girder baja dengan dek orthotropic. Susunan kotak girder umumnya digunakan pada ukuran sedang sampai jembatan rentang sedang (30 sampai 60 m), dan kotak baja girder dengan dek orthotropic sering digunakan untuk jembatan rentang panjang.

2.1.Struktur Box Baja

Susunan jembatan box girder biasanya memiliki box tunggal atau ganda seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.1. Sebuah sel tunggal box girder (Gambar 2.1a) mudah untuk dianalisis dan bergantung pada kekakuan torsional untuk membawa beban eksentrik. Kekakuan lenturan yang diperlukan adalah independen dari kekakuan torsional. Box girder tunggal dengan beberapa sel (Gambar 2.1b) bersifat ekonomis untuk rentangan yang sangat panjang. Beberapa webs mengurangi kelambatan geseran pinggiran sayap dan juga membagi gaya geser. Sayap bagian bawah membuat deformasi lebih setara dan distribusi beban yang lebih baik antara gelagar yang berdekatan. Box dalam beberapa gelagar merupakan box yang relative kecil dan saling berdekatan, membuat lentur dan biasanya torsional lebih tinggi. kekakuan torsional box individu umumnya kurang penting daripada kekakuan lentur relatif. untuk desain dari bagian beberapa kotak (Gambar 2.1c), seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.2 harus dipenuhi bila menggunakan spesifikasi AASHTO-LRFD [1,2] sejak rumus AASHTO dikembangkan dari batasan ini. Penggunaan box lebih sedikit dan lebih besar dalam hasil bagian lintas yang diberikan dalam efisiensi yang lebih besar pada kedua desain dan konstruksi.



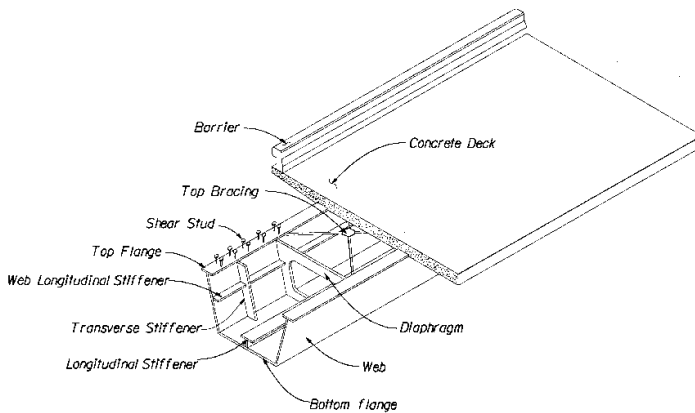
Gambar 2.1 Tipikal penampang melintang dari komposit box girder



Gambar 2.2 Ukuran dari jarak antar *flange*

Bagian box komposit biasanya terdiri dari dua *webs*, satu *bottom flanges*, dua *top flanges* dan *shear connector* dilas pada lapisan *top flange* dengan dek beton (Gambar 2.3). *Top flanges* biasanya dianggap cukup dikaitkan dengan mengeraskan dek beton untuk batas kekuatan, dan dicek berdasarkan tekuk lokal sebelum pengerasan dek beton. *Bottom flanges* harus cukup lebar untuk memberikan bantalan yang memadai untuk dek beton dan untuk memungkinkan ruang yang cukup untuk pengelasan *shear connector* pada *flange*. *Bottom flange* dirancang untuk menahan

lentur. Karena *bottom flange* biasanya lebar, pengaku memanjang sering diperlukan didaerah negatif lentur. *Web plate* dirancang untuk membawa gaya geser dan dapat ditempatkan tegak lurus atau cenderung pada pinggiran roda bagian bawah. *Web plate* cenderung tidak lebih dari 1 sampai 4. Penentuan awal dari dimensi *top flange* dan *bottom flange* dapat diperoleh dari persamaan (tabel 13.1) yang dikembangkan oleh Heins dan Hua dan Heins.



Gambar 2.3 Tipikal komponen dari komposit box girder

2.2.Prinsip-Prinsip Desain Umum

Jembatan box girder pada jalan raya harus dirancang untuk memenuhi spesifikasi AASHTO-LRFD untuk mencapai tujuan kemampuan konstruksi, keselamatan dan pelayanan.

Dalam beberapa desain box girder, pertimbangan utama harus diberikan untuk kelenturan dalam desain box girder tunggal. Bagaimanapun, baik

torsi dan lentur harus diperhatikan. Torsi pada box girder tunggal dapat terjadi selama konstruksi dan di bawah beban hidup. Tekanan karena distorsi harus dipertimbangkan untuk keausan tetapi dapat diabaikan pada keadaan batas kekuatan. Efek torsi dapat diabaikan ketika bracings internal yang kaku dan diafragma disediakan untuk menjaga kotak penampang geometri.

2.3. Tegangan Lentur

Tegangan lentur dari box girder komposit tergantung pada kepadatan elemen penampang. Ini terkait dengan kelangsingan tekanan *flange*, *lateral bracing*, dan kelangsingan *web*. "Penampang kompak" dapat mencapai kapasitas penuh lentur. "Penampang non-kompak" hanya dapat mencapai hasil pada serat terluar dari satu *flange*. di daerah lentur positif, beberapa bagian box dirancang untuk menjadi padat dan bagian box tunggal dianggap tidak padat dengan efek tekanan torsi geser yang diambil oleh *bottom flange* (Tabel 2.1). Pada umumnya, di box girder rumus didesain untuk daerah non-negatif lentur pada resistensi lentur nominal ditunjukkan pada Tabel 2.2.

Sebagai pengganti analisis yang lebih-halus mengingat fenomena kelembatan yang bergeser atau distribusi tekanan lentur yang tidak merata di pinggiran roda macam bagian balok, konsep lebar *flange* yang efektif di bawah tegangan lentur yang rata telah banyak digunakan untuk desain bagian pinggiran roda [AASHTO-LRFD 4.6.2.6]. lebar *flange* yang efektif merupakan fungsi dari ketebalan lempeng dan panjang bentang efektif.

2.4. Tegangan Geser

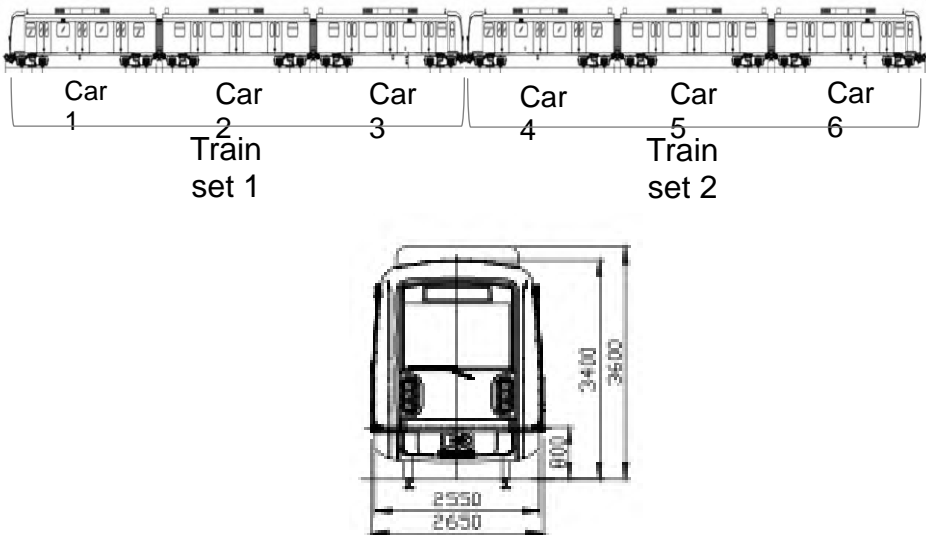
Pada web yang tak kaku, nominal resistansi shear V_n berdasarkan kelekukan shear yang tergantung pada ketipisan web. Pada panel web interior yang kaku dari bagian homogen, paska lekukan resistansi akibat aksi ketegangan-bidang dipertimbangkan. Pada bagian hybrid, aksi ketegangan-bidang tidak diperbolehkan dan hasil shear atau lekukan shear membatasi daya. Formula rancangan AASHTO-LRFD ditunjukkan pada Tabel 2.3. Pada kasus web miring, kedalaman web D harus diukur sepanjang lereng dan dirancang untuk shear yang diproyeksikan sepanjang web yang miring.

Untuk memastikan aksi komposit, konektor shear harus disediakan pada antarmuka antara beton dan bagian baja. Pada jembatan span tunggal, konektor harus disediakan sepanjang rentang jembatan. Meskipun tidak perlu menyediakan konektor shear di daerah fleksur negatif jika penguatan longitudinal tidak dianggap di bagian komposit, dianjurkan agar konektor tambahan ditempatkan di wilayah titik kontra fleksur beban-mati [AASHTO-LRFD 1.10.7.4]. Persyaratan lebih rinci tercantum dalam Tabel 2.4.

2.5 Desain Pembebanan

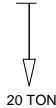
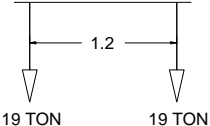
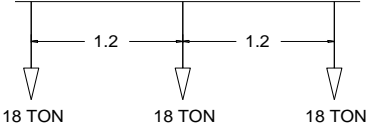
2.5.1 Train Load Vertical Standard

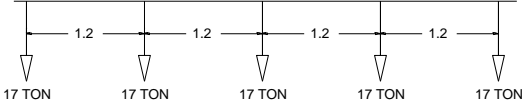
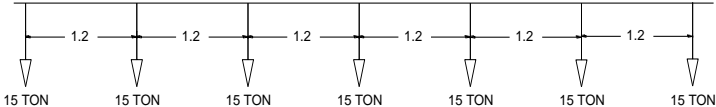
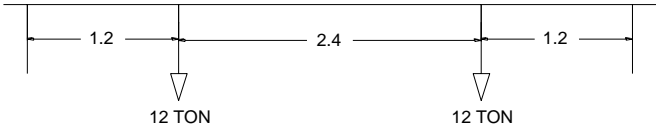
LRT didesai dengan pertimbangan tiga kendaraan yang bekerja pada struktur girder dimana beban maksimum bekerja pada *as* kendaraan (*axle load*). Beban pada *as* kendaraan diatur seperti pada gmabar di bawah dimana tiap *as* kendaraan mendistribusikan beban sebesar 12 ton.



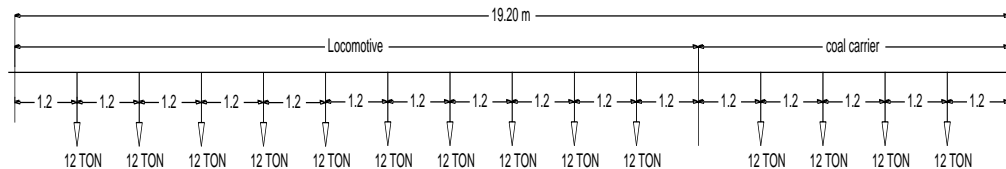
Gambar 2.4 Train Vehicle Loads

Tabel 2.1 Skema Pembebanan RM 1921

JUMLAH GANDAR	SKEMA PEMBEBANAN 100% RM 1921
1 GANDAR	
2 GANDAR	
3 GANDAR	

<p>4 ATAU 5 GANDAR</p>	
<p>6 ATAU 7 GANDAR</p>	
<p>MENGGUNAKAN GERBONG DENGAN NILAI TIDAK TER TENTU Beban Total = 24 ton atau 5 ton/m'</p>	

>8 GANDAR
Beban total 168
Ton atau 8.75
ton/m'



Akan tetapi dalam proposal tugas akhir ini, jenis train vehicle loads bertambah dengan awalnya sejumlah 3 gerbong dengan loads sebesar 12 ton untuk masing-masing roda bertambah menjadi 6 gerbong dan beban dari masing-masing roda tetap 12 ton.

2.4.1.1 Beban Kejut

Beban kejut diperoleh dengan mengalikan faktor i terhadap beban kereta. Perhitungan paling sederhana untuk faktor i adalah dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

- Untuk rel pada alas balas

$$i = 0,1 + \frac{22,5}{50 + L} \dots\dots\dots 2.4$$
- Untuk rel pada perletakan kayu

$$i = 0,2 + \frac{25}{50 + L} \dots\dots\dots 2.5$$
- Untuk rel langsung pada baja

$$i = 0,3 + \frac{22,5}{50 + L} \dots\dots\dots 2.6$$

Dimana i = faktor kejut, dan L = bentang jembatan (m)

2.4.1.2 Beban Horizontal

- Beban sentrifugal

Beban sentrifugal diperoleh dengan mengalihkan faktor α terhadap beban kereta. Beban bekerja pada pusat gaya berat kereta pada arah tegak lurus rel secara horizontal.

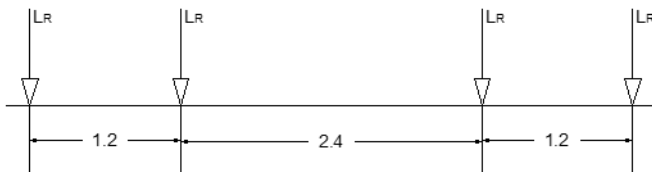
$$\alpha = \frac{V^2}{127R} \dots\dots\dots 2.7$$

Dimana:

- α = Koefisien beban sentrifugal
- V = Kecepatan maksimum kereta pada tikungan (km/jam)
- R = Radius tikungan (m)

- **Beban lateral kereta**

Beban lateral kereta adalah sebagaimana beban pada gambar 2.5, beban bekerja pada bagian atas dan tegak lurus arah rel, secara horizontal. Besaran dari beban ini adalah 15% atau 20% dari beban gandar untuk masing-masing lokomotif, atau kereta listrik/diesel.



Gambar 2.5 Beban Lateral
LR = Beban lateral kereta

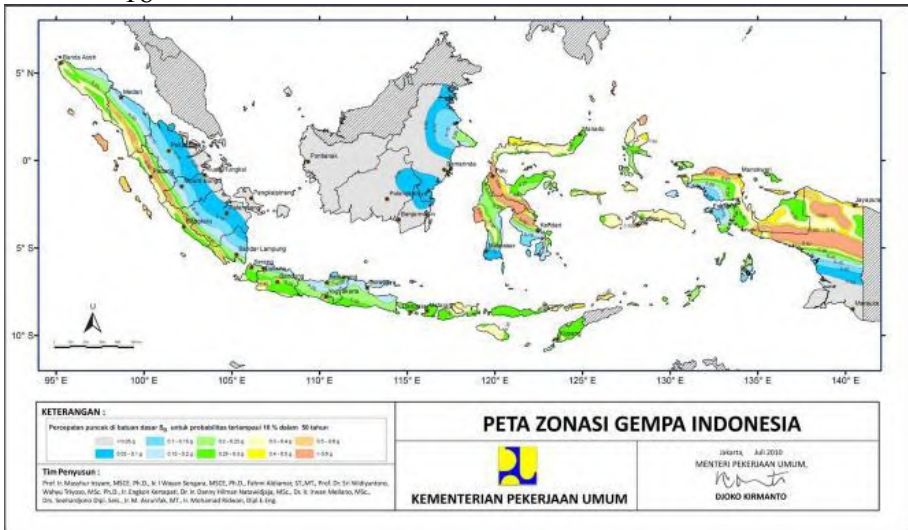
- **Beban pengereman dan traksi**

Beban pengereman dan traksi masing masing 25% dari beban kereta, bekerja pada pusat gaya berat kereta ke arah rel (secara longitudinal).

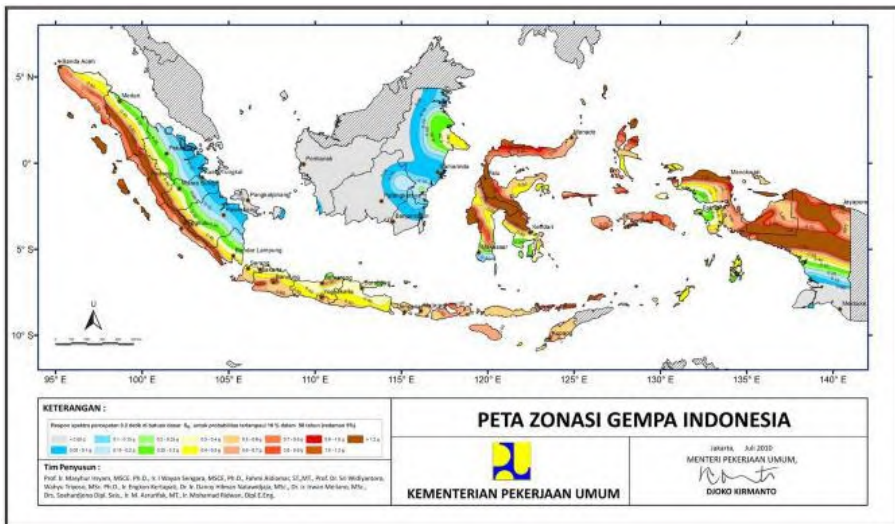
- Beban rel panjang longitudinal
Beban pengereman dan traksi masing masing 25% dari beban kereta, bekerja pada pusat gaya berat kereta ke arah rel (secara longitudinal).

2.5.2 Beban Gempa

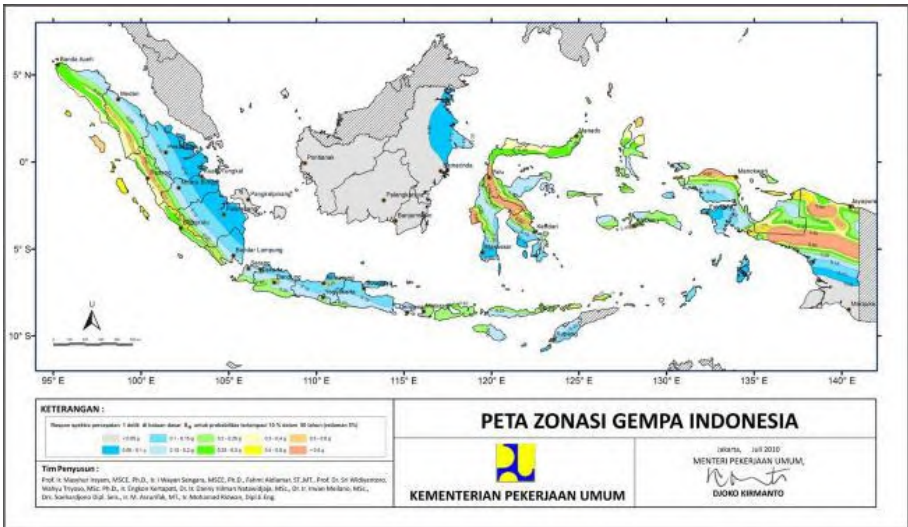
Beban gempa direncanakan dengan menggunakan pembebanan gempa untuk jembatan (SNI 2833-2013). Wilayah gempa di Indonesia telah dibagi menjadi beberapa wilayah berdasarkan pergerakan muka tanah (PGA), percepatan respons spectrum (S_s dan S_1). Gambar di bawah memperlihatkan pembagian wilayah gempa di Indonesia.



Gambar 2.6 Peta Respon Spektra untuk probabilitas terlampaui 18% dalam 50 tahun



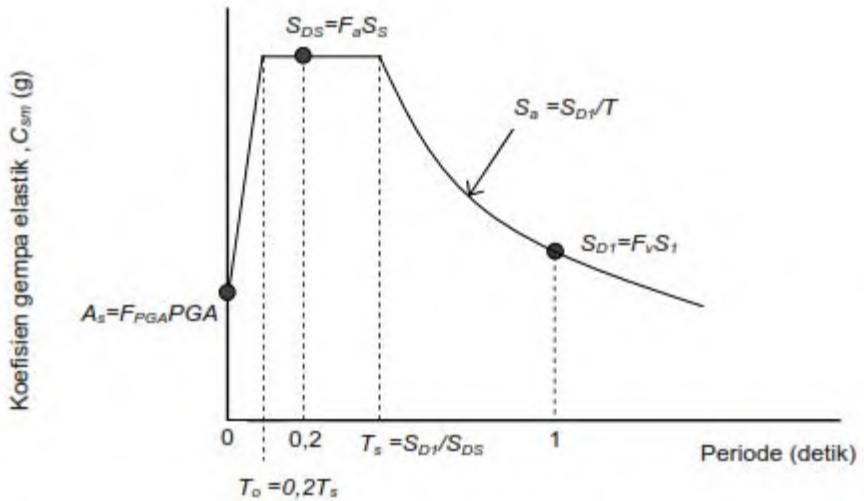
Gambar 2.7 Peta Respon Spektra percepatan 0,2 detik untuk probabilitas terlampaui 18% dalam 50 tahun



Gambar 2.8 Peta Respon Spektra percepatan 1,0 detik untuk probabilitas terlampaui 18% dalam 50 tahun

- **Respons spektrum rencana**

Respons spektra adalah nilai yang menggambarkan respons maksimum dari sistem berderajat-kebebasan-tunggal pada berbagai frekuensi alami (periode alami) teredam akibat suatu goyangan tanah. Untuk kebutuhan praktis, maka respons spektra dibuat dalam bentuk respons spektra yang sudah disederhanakan.



Gambar 2.9 Respon Spektrum

Faktor amplikasi harus ditentukan untuk menghasilkan respon spekturm. Tabel dibawah ini memperlihatkan faktor amplikasi untuk F_{PGA} , F_a , dan F_v .

Tabel 2.2 Besarnya nilai faktor amplikasi 0,2 detik

Kelas situs	$PGA \leq 0,1$ $S_s \leq 0.25$	$PGA = 0,2$ $S_s = 0.5$	$PGA = 0,3$ $S_s = 0.75$	$PGA = 0,4$ $S_s = 1.0$	$PGA > 0,5$ $S_s \geq 1.25$
Batuan Keras (SA)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Batuan (SB)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Tanah Keras (SC)	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
Tanah Sedang (SD)	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
Tanah Lunak (SE)	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
Tanah Khusus (SF)	SS	SS	SS	SS	SS

Tabel 2.3 Besarnya nilai faktor amplikasi 1,0 detik

Kelas situs	$S_1 \leq 0.1$	$S_1 = 0.2$	$S_1 = 0.3$	$S_1 = 0.4$	$S_1 \geq 0.5$
Batuan Keras (SA)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Batuan (SB)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Tanah Keras (SC)	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
Tanah Sedang (SD)	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5
Tanah Lunak (SE)	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4
Tanah Khusus (SF)	SS	SS	SS	SS	SS

Adapun perumusan untuk faktor dari respon spektrum, yaitu:

$$A_s = F_{PGA} \times PGA \dots\dots\dots 2.8$$

$$S_{DS} = F_a \times S_s \dots\dots\dots 2.9$$

$$S_{D1} = F_v \times S_1 \dots\dots\dots 2.10$$

Berdasarkan peraturan gempa Indonesia (SNI 03-1726-2012). Percepatan muka tanah untuk daerah Jakarta adalah 0.20 g. Berdasarkan percepatan muka tanah tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa koefiesien yang digunakan untuk perhitungan beban gempa adalah sebagai berikut :

Ss: 0.7g

S1: 0.3g

Fa: 1.1

Fv: 1.8

2.5.3 Beban Rem

Beban longitudinal bekerja bersamaan dengan beban vertikal yang bekerja pada as kendaraan. Beban diaplikasikan diarah yang berlainan: ke depan untuk rem atau perlambatan atau kebalikannya untuk percepatan. Beban longitudinal harus diaplikasikan seperti berikut:

Rem Mendadak, $LFe = 0.30L$ 2.11

Rem Normal, $LFn = 0.15L$ 2.12

2.5.4 Beban Angin

Beban angin yang digunakan dalam desain SPBAU (Sistem Penahan Beban Angin Utama) untuk bangunan gedung tertutup atau terbuka tidak boleh kecil dari $0,77 \text{ kN/m}^2$. Beban angin minimum ini dapat diaplikasikan terhadap beban LRT. Beban angin bekerja tegak lurus rel, secara horisontal, tipikal nilainya adalah:

- a. $3,0 \text{ kN/m}^2$ pada areal proyeksi vertikal jembatan tanpa kereta di atasnya. Namun demikian $2,0 \text{ kN/m}^2$ pada areal proyeksi rangka batang pada arah datangnya angin, tidak termasuk areal sistim lantai.
- b. $1,5 \text{ kN/m}^2$ pada areal kereta dan jembatan, dengan kereta di atasnya pengecualian $1,2 \text{ kN/m}^2$ untuk jembatan selain gelagar dek atau jembatan komposit, sedangkan $0,8 \text{ kN/m}^2$ untuk areal proyeksi rangka batang pada arah datangnya angin.

Tabel 2.4 Beban Angin Jembatan Tanpa Kereta dan Dengan Kereta

Dengan atau kereta	Batang atas (kN/m^2)	Batang bawah (kN/m^2)
--------------------	------------------------------------	-------------------------------------

Tanpa kereta pada jembatan	2,5	3,0
Dengan kereta pada jembatan	3,0	8,0

2.6 Sambungan

Sambungan harus dianggap memiliki kekakuan yang cukup agar *connection* antar profil tidak berubah pada pembebanan. Deformasi sambungan harus sedemian agar tidak mempunyai pengaruh besar pada pembagian pengaruh aksi maupun pada keseluruhan rangka.

Sambungan yang berada pada titik-titik penunjang lateral efektif harus direncanakan untuk gaya aksial rencana, N^* , ditambah suatu momen lentur rencana, M^* , tidak kurang dari:

$$M^* = \frac{\delta \cdot N^* \cdot L_s}{1000} \dots\dots\dots 2.13$$

Dengan,

δ = Faktor amflikasi

L_s = Jarak antara titik penunjang lateral akif

Bila sambungan memikul kejut dan getaran maka sambungan harus menggunakan baut mutu tinggi (dipakai baut 8,8/TF) dengan perlengkapan seperti pengunci atau las. Baut pada sambungan tarik harus direncanakan juga untuk memikul gaya tarik tambahan akibat aksi melenting.

Dalam perhitungan sambungan, luas profil yang disambung harus dikurangkan dengan luasan baut. Jika baut dipasang tidak selang-seling, luas yang dikurangi adalah jumlah

maksimum luas lubang dalam tiap penampang melintang tegak lurus pada arah aksi rencana unsur.

Ada dua jenis baut yang biasa dipakai pada konstruksi baja. Yang pertama adalah baut yang biasa dipakai pada struktur ringan yang menahan beban statis atau untuk menyambung batang-batang sekunder. Jenis yang kedua adalah baut tegangan tinggi, pada waktu pemasangan dikencangkan sedemikian rupa sehingga menahan suatu tekanan yang besar dan bisa menjepit dengan keras bagian-bagian struktur yang disambung. Berikut adalah tipe-tipe baut dengan diameter, *proof load*, dan kuat tarik minimumnya:

Tabel 2.5 Tipe-Tipe Baut

Tipe Baut	Diameter (mm)	Proof Stress (Mpa)	Kuat Tarik Min (Mpa)
A307	6,35-104	-	60
A325	12,7-25,4	585	825
28,6-38,1	510	725	-
A490	12,7-38,1	825	1035

Sambungan baut mutu tinggi dapat didesain sebagai sambungan tipe friksi (jika dikehendaki tidak ada slip) atau juga sebagai sambungan tipe tumpu. Selain sambungan baut, terdapat juga sambungan las. Proses pengelasan merupakan proses penyambungan dua potong logam dengan pemanasan sampai keadaan plastis

atau cair, dengan atau tanpa tekanan. Jenis-jenis las:

a. Las Tumpul

Peralihan ketebalan dan lebar elemen pelat yang dilas harus didesain dengan konfigurasi sehingga tidak mengganggu pemindahan beban dan tidak menimbulkan konsentrasi tegangan.

b. Las Sudut

1. Las sudut yang menahan gaya tarik tidak sejajar dengan sumbu las, atau yang menahan tegangan secara berulang tidak diperbolehkan berakhir dibagian komponen, namun harus memutar secara menerus, ukuran penuh, disekitar sudut dengan panjang sama dengan dua kali ukuran las dimana pembalikan dilakukan pada bidang yang sama.
2. Las sudut pada lubang atau celah dengan persetujuan ahli teknik dapat digunakan untuk menyalurkan gaya geser pada sambungan yang tumpang tindih atau untuk mencegah *bukling* atau pemisahan bagian yang tumpang tindih. Las sudut pada lubang atau celah tidak boleh tumpang tindih.

2.7 Perencanaan Perletakan

Jenis-jenis dari perletakan dapat berupa sendi rol, maupun rubber bearing pad. Umumnya pembangunan jembatan bentang pendek sekarang

telah banyak menggunakan perletakan dari rubber bearing pad. Tetapi perletakan untuk jembatan yang memiliki bentang cukup panjang perletakan jenis rubber bearing belum tentu cocok. Hal ini di karenakan gaya yang terjadi sangat besar sehingga perletakan rubber bearing pad tidak mampu menahan gaya yang terjadi. Untuk mengatasi hal itu perletakan sendi rol dengan roda lebih dari satu pada sisi rol mungkin lebih tepat digunakan. Fungsi utama dari perletakan yaitu antara lain:

- Menerima beban berat sendiri jembatan dan lalu lintas, melalui balok pemikulnya.
- Meneruskan beban tersebut ke bangunan, tanpa menimbulkan kerusakan padanya.

(<http://id.wikipedia.org/wiki/Jembatan>)

Tabel 2.6 Tipikal perletakan :

Perletakan luncur	Untuk jembatan gelagar dengan bentang <40 m
Perletakan roller atau rocker	Untuk jembatan gelagar dengan bentang >40 m
Perletakan roller atau rocker	Untuk jembatan rangka

➤ Perletakan ekspansi:

- Tabel dibawah menunjukkan tipikal nilai berbagai perletakan ekspansi.

Tabel 2.7 Kapasitas perletakan ekspansi

Bahan Perletakan	Baja	Besi Tuang		Logam Tembaga	
$l(m)/$ Jenis stuktur	$L < 8$	$8 \leq l \leq 35$	$l \geq 35$	$8 \leq l \leq 35$	$l \geq 35$
Bentang Tunggal	Setiap R	$R \leq 2000$ KN	-	$R > 2000$ KN	
Bentang Menerus	-	$R \leq 2000$ KN	$R \leq 1000$ KN	$R > 2000$ KN	$R > 1000$ KN

- Besar ekspansi yang didesain untuk per unit panjang bentang, biasanya 1,5 mm/m.
- Standar koefisien gesek, yang akan digunakan untuk menghitung gaya reaksi, adalah nilai seperti ditunjukkan pada tabel dibawah.

Tabel 2.8 Koefisien Gesekan Perletakan

Tipe perletakan		Koefisien gesek
Perletakan Luncur	Baja terhadap baja	0.25
	Baja Terhadap besi Cor	0.20
	Baja Terhadap Logam tembaga	0.10
Perletakan Roller atau rocker		0.10

- Standar Dimensi Praktis Untuk Perletakan
 - Contoh Nilai Numerik

- a) Ketebalan pelat tapak/alas
 $>22\text{mm}$
- b) Ketebalan bagian baja tuang
 $>25\text{mm}$
 Ketebalan bagian besi tuang
 $>35\text{mm}$
 Ketinggian plat tulangan badan, lihat gambar dibawah
 $<150\text{mm}$
- c) Ketebalan plat perletakan logam tembaga
 $>25\text{mm}$
- d) Diameter roller
 $>100\text{mm}$
- e) Jari-jari perletakan sperikal
 $>75\text{mm}$
 Perbedaan antara bidang jantan dan betina
 $>1\text{mm}$
- f) Diameter lubang pengisian adukan
 $>16\text{mm}$
 Jumlah lubang pengisi adukan
 $>2\text{lubang}$
- g) Diameter baut jangkar
 $>30\text{mm}$
 Panjang tertanam untuk jembatan gelagar
 $>10\text{kali diameter}$
 Panjang tertanam untuk jembatan rangka
 $>15\text{kali diameter}$

2.6.1 Perletakan Sendi

Reaksi perletakan didapat dari SAP yaitu reaksi H dan V selanjutnya menghitung :

- Luas alas kursi / bantalan

$$F = \frac{V}{\sigma' b} \dots\dots\dots 2.14$$

$$b = \frac{F}{L} \dots\dots\dots 2.15$$

- Tebal kursi dan bantalan

$$S_1 = 0.5 \times \sqrt{\frac{3xVxL}{bx\sigma_{baja}}} \dots\dots\dots 2.16$$

- Merencanakan Tinggi kursi dengan metode Muller-Breslua

$$W = \frac{h}{S_2} \frac{b}{aS_3} ah^2 S_3 \dots\dots\dots 2.17$$

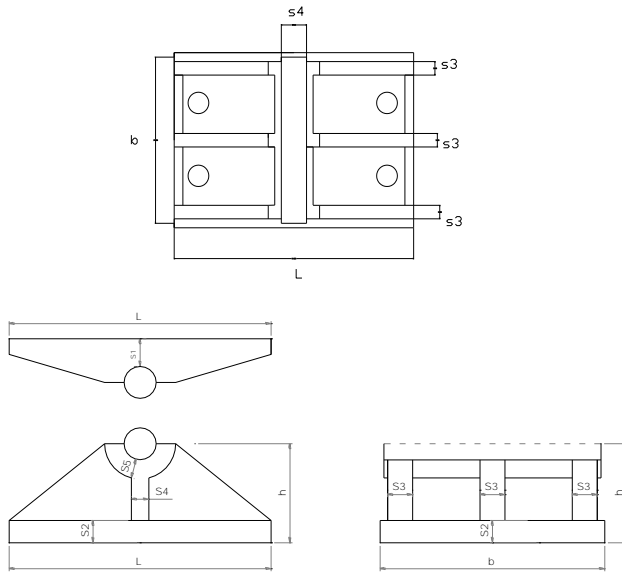
$$M_{max} = \frac{V}{2} \times \frac{b}{4} \dots\dots\dots 2.18$$

$$W = \frac{M_{max}}{\sigma_{baja}} \dots\dots\dots 2.19$$

- Perhitungan diameter engsel

$$r = 0.8 \times \frac{V}{\sigma_{baja} L} \dots\dots\dots 2.20$$

$$d_1 = 2.r \dots\dots\dots 2.21$$



Gambar 2.10 Perletakan sendi

2.6.2 Perletakan Rol

Reaksi perletakan didapat dari SAP yaitu reaksi H dan V selanjutnya menghitung :

- Luas alas kursi / bantalan

$$F = \frac{V}{\sigma' b} \dots\dots\dots 2.22$$

$$b = \frac{F}{L} \dots\dots\dots 2.23$$

- Garis tengah gelinding

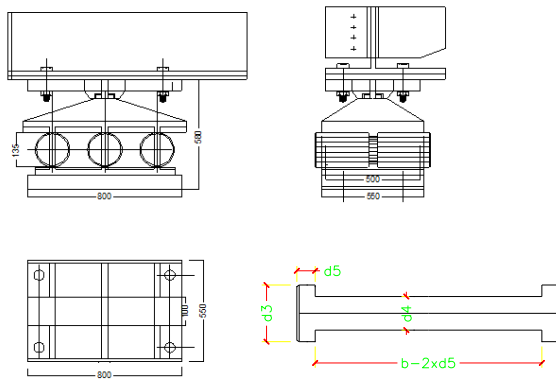
$$B = \frac{1}{2r_1} \dots\dots\dots 2.24$$

$$\gamma^2 = 0.75 \times 10^6 \times \frac{P \cdot \ell}{L} \dots\dots\dots 2.25$$

$$d_4 = \frac{0,75 \times 10^6 \times P}{L \cdot \gamma^2} \dots\dots\dots 2.26$$

$$d_5 = d_4 + (2 \times 2.5) \dots\dots\dots 2.27$$

$$d_6 \text{ ambil } 5 \text{ cm} \dots\dots\dots 2.28$$



Gambar 2.11 Perletakan rol

2.8 Perencanaan Pondasi

Perhitungan tiang pancang (pondasi), meliputi:

1. Pembebanan, berdasarkan hasil perhitungan struktur utama dengan menggunakan SAP 2000, maka dapat dihitung gaya-gaya yang bekerja pada tiang pancang tegak.
2. Data tanah, dari hasil penyelidikan tanah dengan *Standard Penetration Test (SPT)*, diperoleh data-data yang akan digunakan untuk perencanaan tiang pancang. Perhitungan daya dukung tanah menggunakan perumusan dari **Mekanika Tanah**

dan Teknik Pondasi (2000) hal. 99-107 Ir. Suyono Sosro Darsono.

$$R_a = \frac{1}{n} R_a = \frac{1}{n} (R_p + R_f) \dots\dots\dots 2.29$$

$$R_p = A_p \cdot 40 \cdot N \text{ (pada ujung tiang)} \dots\dots\dots 2.30$$

$$R_f = \sum f_i \cdot U \dots\dots\dots 2.31$$

$$f_i = \frac{N}{5} \leq 10 \dots\dots\dots 2.32$$

Dengan,

n = Faktor keamanan

R_a = Daya dukung tanah yang diijinkan

R_u = Daya dukung batas pada tanah pondasi (ton)

R_p = Daya dukung terpusat tiang (ton)

A_p = Luas penampang tiang

N = Nilai SPT

R_f = Gaya geser dinding tiang (ton)

f_i = Intensitas gaya geser maksimum dinding tiang

U = keliling tiang

3. Perencanaan pondasi harus diperhtungkan terhadap daya dukung tiang: daya dukung tiap individu berdasarkan:

- Kemampuan bahan

$$Q_{\text{bahan}} = A \times f_c'$$

Dimana, Q_{bahan} = daya dukung tiang

A = luas penampang

f_c' = mutu bahan

- Effisiensi tiang dengan menggunakan persamaan ***conversi Labarre:***

$$Ek = 1 - \theta \left[\frac{(n-1)m + (m-1)m}{90 \cdot m \cdot n} \right] \dots\dots\dots 2.33$$

Dimana,

Ek	= Effisiensi tiang pancang
m	= Jumlah baris
n	= Jumlah tiang per baris
θ	= arc tan d/s
d	= Dimensi tiang
s	= jarak antar tiang

- Daya dukung tiang

$$Q_{tiang} = \frac{(A \cdot C)}{SF} + \frac{(\phi \cdot JHP)}{SF} \dots\dots\dots 2.34$$

Dimana,

Q_{tiang}	= Daya dukung tiap individu
A	= Luas penampang
C	= Harga conus
Φ	= Keliling tiang
JHP	= Jumlah hambatan pelekot
SF	= Angka keamanan yang besarnya masing-masing 3 & 5

- Perhitungan jarak tiang pancang

$$2,5D \leq S \leq 3D \dots\dots\dots 2.35$$

- Perkiraan jumlah tiang pancang

$$n = \frac{\sum P}{P_{ijin}} \dots\dots\dots 2.36$$

Dimana,

n	= Jumlah tiang
ΣP	= Jumlah beban vertikal

P_{ijin} = Daya dukung ijin

- Daya dukung tiang dalam grup

$$P_{grup} = \eta \times P_{ijin} \dots\dots\dots 2.37$$

Dimana, P_{gruo} = Daya dukung tiang

P_{ijin} = Daya dukung tiap dividu

η = Effisiensi tiang individu

- Beban maksimum yang diterima tiang dalam grup

$$P_{satuTP} = \frac{\sum P}{n} \pm \frac{M_y \cdot x_{max}}{\sum x^2} \pm \frac{M_x \cdot y_{max}}{\sum y^2} \dots\dots\dots 2.38$$

Dimana, ΣP = Jumlah beban vertikal

n = Jumlah tiang

$M_x = M_y$ = Momen yang bekerja diatas poer

x, y = Jarak dari sumbu ke titik berat susunan kelompok tiang

BAB III METODOLOGI

Metodologi yang kami gunakan untuk menyelesaikan proposal proyek akhir terapan adalah sebagai berikut:

3.1 Studi Literatur

Studi literatur merupakan sekumpulan literatur yang digunakan dalam penyusunan proposal proyek akhir terapan:

1. Standar Teknis Kereta Api Indonesia Untuk Struktur Jembatan Baja, April 2006
2. Panduan Perencanaan Teknis Jembatan BMS 1992 dan Bridge Design Manual
3. Mekanika Tanah, dan Teknik Pondasi, Ir. Suyono Sostro Darsono, 1980
4. Perancangan Jembatan Terhadap Beban Gempa RSNI, 2833:201X

3.2 Pengumpulan Data

Data-data perencanaan yang dibutuhkan antara lain:

- a. Gambar jembatan eksisting, meliputi:
 - Potongan memanjang jembatan, dan melintang jembatan guna mengetahui panjang dan lebar jembatan
 - Gambar penampang tol
- b. Data bahan yang digunakan.
- c. Data tanah lokasi perencanaan jembatan.

3.3 Preliminary Design

Dimensi dari komponen struktur ditentukan berdasarkan ketentuan BMS maupun peraturan lain berdasarkan peraturan umum.

- Penentuan profil rel kereta api
- Penentuan dimensi busur
- Perencanaan tinggi lengkung busur

3.4 Pembebanan

Jembatan harus didesain untuk menahan jenis beban sebagai berikut:

- Beban mati
- Beban hidup
- Beban kejut
- Beban horizontal
 - a. Beban sentrifugal
 - b. Beban lateral kereta
 - c. Beban rem dan traksi
 - d. Beban rel panjang longitudinal
- Beban angin
- Beban gempa

Apabila ditetapkan didalam persyaratan, efek badan berikut juga harus dipertimbangkan:

- Perubahan temperature
- Pemuaian dan/atau rangkai dari beton
- Penurunan dan lain-lain

3.5 Analisa Perencanaan Struktur

Setelah mengetahui beban-beban yang bekerja pada struktur, maka proses selanjutnya adalah proses analisa struktur menggunakan software SAP 2000

1. Mendefinisikan mutu bahan yang akan digunakan.
 - Mutu beton, $f_c' = 25 \text{ Mpa}$
 - Mutu baja, BJ-50
2. Mendefinisikan beban-beban yang bekerja pada struktur.

3. Mendefinisikan jenis profil yang akan digunakan.
 - Struktur utama menggunakan rangka baja.
 - Profil penggantung menggunakan profil Wide Flange (WF).
 - Profil ikatan angin dan tumbuk menggunakan profil siku.
4. Mendefinisikan kombinasi pembebanan. Karena pembebanan telah dikalikan dengan faktor maka kombinasi tidak perlu dikalikan dengan faktor lagi. Kombinasi pembebanan terdiri dari:
 - Kombinasi beban tetap (beban mati dan beban hidup)
 - Kombinasi beban sementara akibat angin
 - Kombinasi beban sementara akibat gempa
5. Memodelkan struktur sesuai gambar rencana yang telah dibuat.
6. Menginput beban-beban yang bekerja.
7. Menjalankan proses analisa struktur.
8. Menganalisa gaya-gaya dalam yang bekerja untuk mengontrol kemampuan profil dalam menanggung beban serta untuk perencanaan sambungan profil. Gaya-gaya dalam tersebut antara lain:
 - Momen,
 - Geser, dan
 - Aksial atau gaya normal
9. Analisa joint reaction untuk perhitungan perletakan dan desain pondasi tiang pancang.
10. Desain perletakan dan pondasi tiang pancang. Pada perletakan, joint reaction yang digunakan adalah gaya vertikal dari reaksi perletakan struktur yang telah dimodelkan. Pada desain pondasi tiang pancang, gaya-gaya yang bekerja antara lain:
 - Gaya vertikal dari reaksi perletakan
 - Beban sendiri

- Beban tekanan tanah aktif

3.6 Kontrol Kestabilan Struktur

Setelah mengetahui gaya-gaya dalam yang terjadi, maka perlu diadakan pengecekan terhadap kestabilan struktur dalam menahan beban yang terjadi, meliputi:

1. Pada balok memanjang, dan melintang, struktur rangka utama, penggantung dan penggantung, kontrol kestabilan profil antara lain:
2. Profil-profil yang digunakan harus memenuhi kontrol-kontrol tersebut untuk bisa disebut profil mampu menahan beban yang bekerja
3. Kemudian dilanjutkan dengan perencanaan sambungan profil. Mulai dari perencanaan pelat sambung, jumlah baut, dan tebal las.

3.7 Perencanaan Bangunan Bawah

1. Perencanaan pondasi tiang pancang, meliputi:
 - Perencanaan daya dukung tanah
 - Perencanaan kebutuhan tiang pancang dan konfigurasi tiang pancang
2. Perencanaan poer, meliputi:
 - Perencanaan dimensi poer.
 - Analisa gaya-gaya dalam yang terjadi akibat beban-beban yang bekerja pada poer.
 - Perencanaan tulangan poer.
 - Kontrol geser pons.

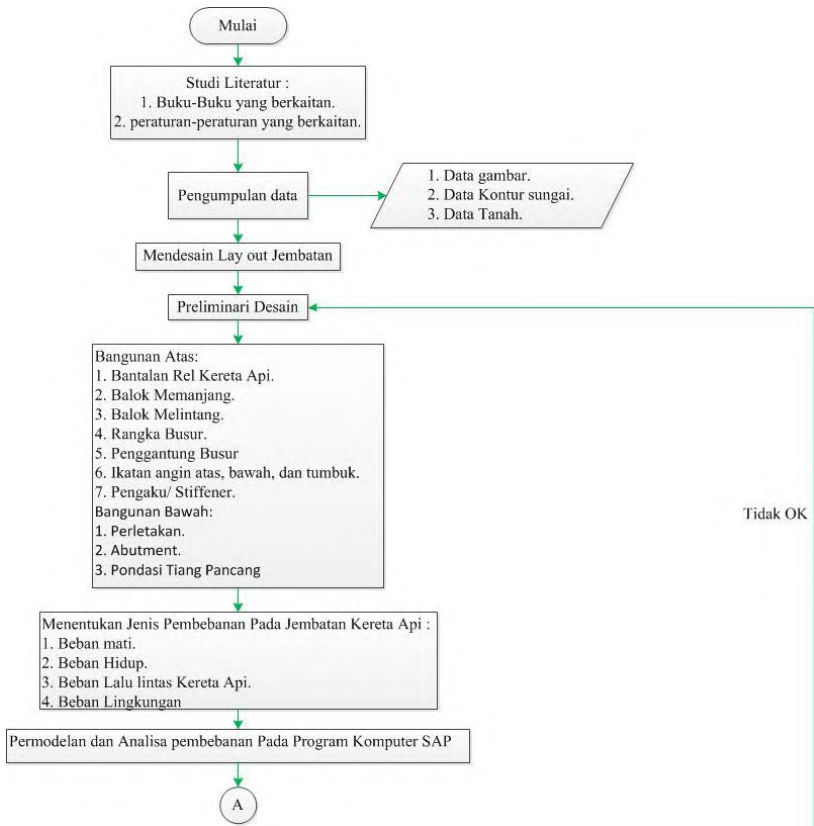
3.8 Penggambaran Hasil Perencanaan

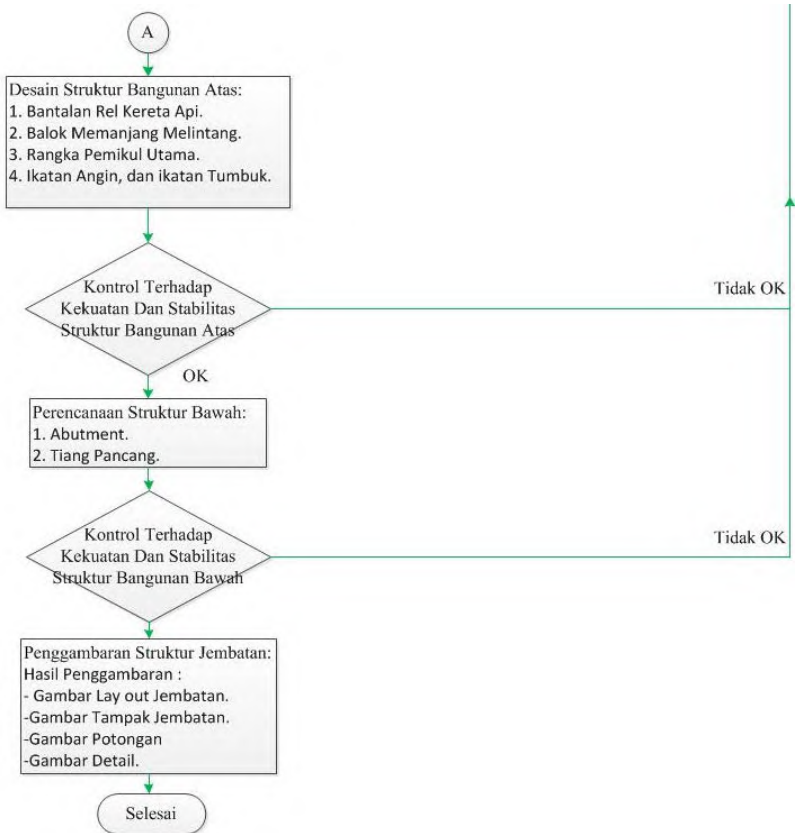
Agar desain yang dibuat lebih dimengerti, maka perlu dituangkan dalam bentuk gambar struktur. Gambar struktur, meliputi:

- Gambar denah jembatan
- Gambar potongan memanjang dan melintang jembatan

- Gambar denah balok
- Gambar profil lengkung jembatan
- Gambar detail sambungan dan detail penulangan
- Gambar denah pondasi tiang pancang

3.9 Diagram Alir Metodologi





Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV PRELIMINARY DESIGN

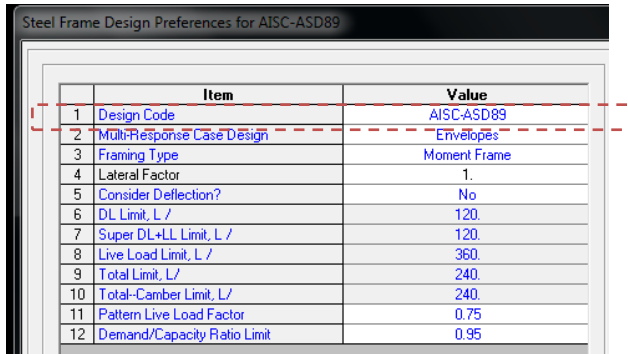
4.1 Beban Mati.

Berat jenis bahan yang biasanya digunakan dalam perhitungan beban mati adalah sebagai berikut :

Tabel 4.1 Berat Jenis Bahan

Bahan	Berat Jenis
Baja, Baja Cor	78.50 KN/m ³
Beton	24 N/m ³

- Beban mati adalah beban struktur itu sendiri, dan struktur jembatan ini adalah steel-concrete composite box girder.
- Metode yang dipakai untuk proyek Akhir Struktur ini Menggunakan AISC-ASD 89.

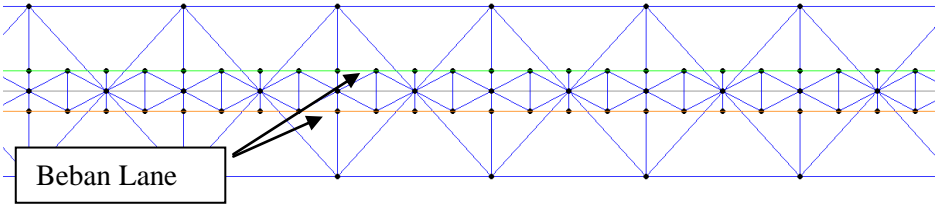


Item	Value
1 Design Code	AISC-ASD89
2 Multi-Response Case Design	Envelopes
3 Framing Type	Moment Frame
4 Lateral Factor	1.
5 Consider Deflection?	No
6 DL Limit, L /	120.
7 Super DL+LL Limit, L /	120.
8 Live Load Limit, L /	360.
9 Total Limit, L /	240.
10 Total-Camber Limit, L /	240.
11 Pattern Live Load Factor	0.75
12 Demand/Capacity Ratio Limit	0.95

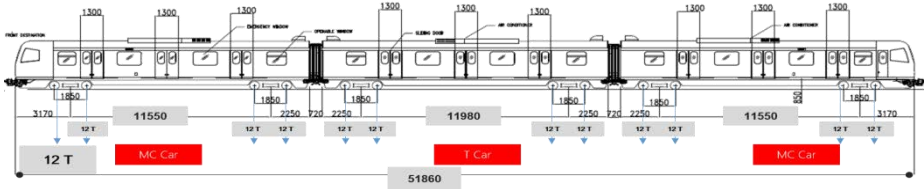
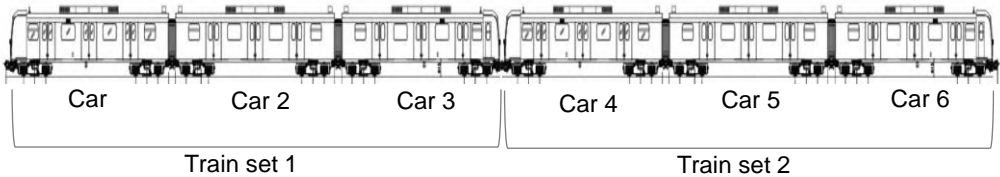
Gambar 4.1 Peraturan yang digunakan untuk SAP2000

4.2 **Beban Hidup**

Beban kereta yang akan digunakan sebagai beban hidup adalah LRT didesain dengan pertimbangan tiga kendaraan atau enam kendaraan yang bekerja pada struktur girder dimana beban maksimum bekerja pada as kendaraan (axle load). Beban pada as kendaraan diatur seperti gambar di bawah dimana tiap as kendaraan mendistribusikan beban sebesar 12 ton..



Gambar 4.2 Metode beban Lane (Beban Berjalan) yang digunakan pada aplikasi SAP2000



Tabel 4.3 Konfigurasi pembebanan LRT 2 train set

Memasukkan konfigurasi pembebanan axle load dari LRT sebesar 12 ton kepada SAP2000 v.14.2.2.

General Vehicle Data

Vehicle name: SCT Units: Tonf, m, C

Floating Axle Loads:

For Lane Moments: Value: 0.0 Width Type: Two Points Axle Width: 1.067

For Other Responses: Value: 0.0 Width Type: Two Points Axle Width: 1.067

☐ Double the Lane Moment Load when Calculating Negative Span Moments

Usage:

☒ Lane Negative Moments at Supports

☒ Interior Vertical Support Forces

☒ All other Responses

Min Dist Allowed From Axle Load:

Lane Exterior Edge: 0.3048

Lane Interior Edge: 0.6096

Length Effects:

Axle: None Modify/Show...

Uniform: None Modify/Show...

Load Plan:

Load Elevation:

Load	Load Length Type	Minimum Distance	Maximum Distance	Uniform Load	Uniform Width Type	Uniform Width	Axle Load	Axle Width Type	Axle Width
Leading Load	Infinite			0.0	Zero Width		12.0	Two Points	1.067
Fixed Length	1.85			0.0	Zero Width		12.0	Two Points	1.067
Fixed Length	9.7			0.0	Zero Width		12.0	Two Points	1.067
Fixed Length	1.85			0.0	Zero Width		12.0	Two Points	1.067
Fixed Length	3.37			0.0	Zero Width		12.0	Two Points	1.067
Fixed Length	1.85			0.0	Zero Width		12.0	Two Points	1.067
Fixed Length	10.13			0.0	Zero Width		12.0	Two Points	1.067

Add Insert Modify Delete

☐ Vehicle Applies To Straddle (Adjacent) Lanes Only

☐ Vehicle Remains Fully In Lane (In Lane Longitudinal Direction)

Shedding Reduction Factor:

OK Cancel

General Vehicle Data

Vehicle name: SCT Units: Tonf, m, C

Floating Axle Loads:

For Lane Moments: Value: 0.0 Width Type: Two Points Axle Width: 1.067

For Other Responses: Value: 0.0 Width Type: Two Points Axle Width: 1.067

☐ Double the Lane Moment Load when Calculating Negative Span Moments

Usage:

☒ Lane Negative Moments at Supports

☒ Interior Vertical Support Forces

☒ All other Responses

Min Dist Allowed From Axle Load:

Lane Exterior Edge: 0.3048

Lane Interior Edge: 0.6096

Length Effects:

Axle: None Modify/Show...

Uniform: None Modify/Show...

Load Plan:

Load Elevation:

Load	Load Length Type	Minimum Distance	Maximum Distance	Uniform Load	Uniform Width Type	Uniform Width	Axle Load	Axle Width Type	Axle Width
Leading Load	Infinite			0.0	Zero Width		12.0	Two Points	1.067
Fixed Length	1.85			0.0	Zero Width		12.0	Two Points	1.067
Fixed Length	9.7			0.0	Zero Width		12.0	Two Points	1.067
Fixed Length	1.85			0.0	Zero Width		12.0	Two Points	1.067
Fixed Length	3.37			0.0	Zero Width		12.0	Two Points	1.067
Fixed Length	1.85			0.0	Zero Width		12.0	Two Points	1.067
Fixed Length	10.13			0.0	Zero Width		12.0	Two Points	1.067

Add Insert Modify Delete

☐ Vehicle Applies To Straddle (Adjacent) Lanes Only

☐ Vehicle Remains Fully In Lane (In Lane Longitudinal Direction)

Shedding Reduction Factor:

OK Cancel

Gambar 4.4 Pembebanan car train Gandar Pada SAP2000

4.3 Beban Lingkungan

4.3.1 Beban Angin :

Beban angin bekerja tegak lurus rel, secara horizontal, tipikal nilainya adalah ;

- a. 3.0 KN/m^2 pada areal proyeksi vertical jembatan tanpa kereta diatasnya. Namun demikian 2.0 KN/m^2 pada areal proyeksi rangka batang pada arah datangnya angin, tidak termasuk areal system lantai.
- b. 1.5 KN/m^2 pada areal kereta dan jembatan, dengan kereta di atasnya, pengecualian 1.2 KN/m^2 untuk jembatan selain gelagar dek/rasuk atau jembatan komposit, sedangkan 0.8 KN/m^2 untuk areal proyeksi rangka batang pada arah datangnya angin.

Tabel 5.3 Beban Angin Jembatan Tanpa kereta dan Dengan kereta

Dengan atau kereta	Batang Atas (KN/m^2)	Batang Bawah (KN/m^2)
Tanpa kereta pada jembatan	2.5	3.00
Dengan kereta pada jembatan	3.00	8.00

Tabel ini merupakan standard Jepang yang digunakan sampai 1985 ketika rencana keadaan batas (limit state design) diperkenalkan untuk menggantikan desain tegangan izin (allowable stress design).

4.3.2 Beban Gempa

Peta gempa dalam ketentuan ini meliputi peta percepatan puncak batuan dasar (PGA) dan respons spektra percepatan 0,2

detik dan 1 detik di batuan dasar yang mewakili dua level hazard (potensi bahaya) gempa 500 dan 1000 dengan kemungkinan terlampaui 10% dalam 50 tahun dan 7% dalam 75 tahun. Penjelasan untuk masing-masing peta dapat dilihat pada Tabel dibawah.

Pada Perencanaan ini beban gempa dianalisa 2 arah yaitu arah memanjang Jembatan (x) dan arah Melintang (arah Y) Jembatan Pada Input SAP 2000 untuk arah Melintang Jembatan mendapatkan beban Horisontal 100% sedang pada arah memanjang mendapatkan beban gempa sebesar 30% dan Sebaliknya.

Untuk struktur Jembatan ini beban gempa direncanakana dengan RSNI2 2833: 201X, dengan metode analisa analisa gempa respon spectrum, ditentukan sebagai berikut :

- Daerah : Zona 3
- Kondisi Tanah : Tanah Lunak
- Parameter Respon spectra 0,2 (Sds) : 0,6525
- Faktor Amplikasi 0.2 detik (Fa) : 1,45
- Parameter Respon Spectra 1,0 (Sd₁) : 0,385
- Faktor Modifikasi Respon (R) : 1,0

LOKASI : CIBUBUR

♦ Data Tanah DH 3

Depth (m)	Jenis Tanah	N rata2	Grafik SPT	fi (t/m ²)	li*tebal (t/m)
0	Pasir Halus	0		0.00	0.0
-1	Pasir Halus	2		0.40	0.4
-2	Lempung	4		4.00	4.0
-3	Lempung	6		6.00	6.0
-4	Lempung	8		8.00	8.0
-5	Pasir Kelempungan	11		2.20	2.2
-6	Pasir Kelempungan	14		2.80	2.8
-7	Pasir Kelempungan	15.5		3.10	3.1
-8	Pasir Kelempungan	17		3.40	3.4
-9	Pasir Kelempungan	19		3.80	3.8
-10	Pasir Kelempungan	21		4.20	4.2
-11	Pasir Kelempungan	18.5		3.70	3.7
-12	Pasir Kelempungan	16		3.20	3.2
-13	Pasir Kelempungan	64.5		10.00	10.0
-14	Pasir Kelempungan	113		10.00	10.0
-15	Pasir Kelempungan	86.5		10.00	10.0
-16	Pasir Kelempungan	60		10.00	10.0
-17	Pasir Kelempungan	60		10.00	10.0
-18	Pasir Kelempungan	60		10.00	10.0
-19	Pasir Kelempungan	60		10.00	10.0
-20	Pasir Lepas	60		10.00	10.0
-21	Pasir Lepas	60		10.00	10.0
-22	Pasir Lepas	60		10.00	10.0
-23	Pasir Lepas	60		10.00	10.0
-24	Pasir Lepas	60		10.00	10.0
-25	Pasir Lepas	60		10.00	10.0
-26	Pasir Lepas	55		10.00	10.0
-27	Pasir Kelempungan	60		10.00	10.0
-28	Pasir Kelempungan	60		10.00	10.0
-29	Pasir Lepas	60		10.00	10.0
-30	Pasir Lepas	60		10.00	10.0
-31	Lempung	60		10.00	10.0
-32	Lempung	47		10.00	10.0
-33	Lempung Kerasiran	60		10.00	10.0
-34	Lempung Kerasiran	52		10.00	10.0
-35	Lempung	60		10.00	10.0
-36	Lempung	55		10.00	10.0
-37	Lempung	60		10.00	10.0
-38	Lempung	49		10.00	10.0
-39	Lempung	60		10.00	10.0
-40	Lempung	50		10.00	10.0
-41	Lempung	60		10.00	10.0
-42	Lempung	55		10.00	10.0
-43	Lempung	60		10.00	10.0
-44	Lempung	98		10.00	10.0
-45	Pasir Kelempungan	60		10.00	10.0
-46	Pasir Kelempungan	60		10.00	10.0
-47	Pasir Kelempungan	60		10.00	10.0
-48	Pasir Kelempungan	60		10.00	10.0
-49	Lempung	60		10.00	10.0
-50	Lempung	60		10.00	10.0

Tabel 4.3 Data tanah untuk Menentuka Jenis Tanah

Depth	N rata ²	di	di/N
0	0	0,0	0,000
1	2	1,0	0,500
2	4	1,0	0,250
3	6	1,0	0,167
4	8	1,0	0,125
5	11	1,0	0,091
6	14	1,0	0,071
7	15,5	1,0	0,065
8	17	1,0	0,059
9	19	1,0	0,053
10	21	1,0	0,048
11	18,5	1,0	0,054
12	64,5	1,0	0,016
13	113	1,0	0,009
14	86,5	1,0	0,012
15	60	1,0	0,017
16	60	1,0	0,017
17	60	1,0	0,017
18	60	1,0	0,017
19	60	1,0	0,017
20	60	1,0	0,017
21	60	1,0	0,017
22	60	1,0	0,017
23	60	1,0	0,017
24	60	1,0	0,017
25	60	1,0	0,017
26	55	1,0	0,018
27	60	1,0	0,017
28	60	1,0	0,017
29	60	1,0	0,017
30	60	1,0	0,017

Sumber: Hasil Pengolahan Data

Dimana, didapat untuk jenis tanah berupa lapis tanah sedang.

- Pengaruh Situs
Definisi Kelas Situs

Klasifikasi situs pada pasal ini ditentukan untuk lapisan setelah 30 m sesuai dengan yang didasarkan pada kolerasi dengan hasil penyelidikan tanah lapangan dan laboratorium.

$$\frac{\sum di}{\sum di/n} = \frac{30,00}{1,786} = 16,79971$$

Tabel 4.4 Kelas Situs

Kelas Situs	\bar{v}_z (m/s)	\bar{N}	\bar{S}_u (kPa)
A. Batuan Keras	$\bar{v}_z \geq 1500$	N/A	N/A
B. Batuan	$750 < \bar{v}_z \leq 1500$	N/A	N/A
C. Tanah Sangat Padat dan Batuan Lunak	$350 < \bar{v}_z \leq 750$	$\bar{N} > 50$	$\bar{S}_u > 100$
D. Tanah Sedang	$175 < \bar{v}_z \leq 350$	$15 \leq \bar{N} \leq 50$	$50 \leq \bar{S}_u \leq 100$
E. Tanah Lunak	$\bar{v}_z < 175$	$\bar{N} < 15$	$\bar{S}_u < 50$
Atau setiap profil lapisan tanah dengan ketebalan lebih dari 3 m dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air (w) $\geq 40\%$, dan 3. Kuat geser tak terdrainase $\bar{S}_u < 25$ kPa			
F. Lokasi yang membutuhkan penyelidikan geoteknik dan analisis respons dinamik spesifik	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik seperti : - Rentan dan berpotensi gagal terhadap beban gempa seperti likuifaksi, tanah lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung organik tinggi dan/atau gambut (dengan ketebalan $> 3m$) - Plastisitas tinggi (ketebalan $H > 7.5m$ dengan $PI > 75$) - Lapisan lempung lunak/medium kaku dengan ketebalan $H > 35m$		

Catatan : N/A = tidak dapat digunakan

- Faktor Situs

Untuk penentuan respons spektra di permukaan tanah, diperlukan suatu faktor amplifikasi pada periode nol detik, periode pendek ($T = 0,2$ detik) dan periode 1 detik. Faktor amplifikasi meliputi faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode nol detik (F_{PGA}), faktor amplifikasi periode pendek (F_a) dan faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran periode 1 detik (F_v). Tabel dibawah memberikan nilai-nilai F_{PGA} , F_a , dan F_v untuk berbagai klasifikasi jenis tanah.

Tabel 4.5 Faktor amplikasi untuk priode 0 detik dan 0.2 detik (F_{PGA}/F_a)

Kelas situs	$PGA \leq 0,1$ $S_z \leq 0,25$	$PGA = 0,2$ $S_z = 0,5$	$PGA = 0,3$ $S_z = 0,75$	$PGA = 0,4$ $S_z = 1,0$	$PGA > 0,5$ $S_z \geq 1,25$
Batuan Keras (SA)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Batuan (SB)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Tanah Keras (SC)	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
Tanah Sedang (SD)	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
Tanah Lunak (SE)	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
Tanah Khusus (SF)	SS	SS	SS	SS	SS

Catatan : Untuk nilai-nilai antara dapat dilakukan interpolasi linier

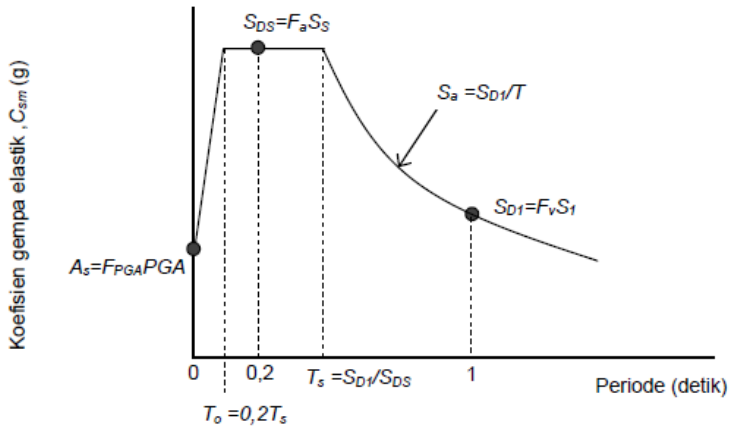
Tabe 4.6 Besarnya nilai faktor amplikasi untuk priode 1 detik (F_v)

Kelas situs	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 \geq 0,5$
Batuan Keras (SA)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Batuan (SB)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Tanah Keras (SC)	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
Tanah Sedang (SD)	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5
Tanah Lunak (SE)	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4
Tanah Khusus (SF)	SS	SS	SS	SS	SS

Catatan : Untuk nilai-nilai antara dapat dilakukan interpolasi linier

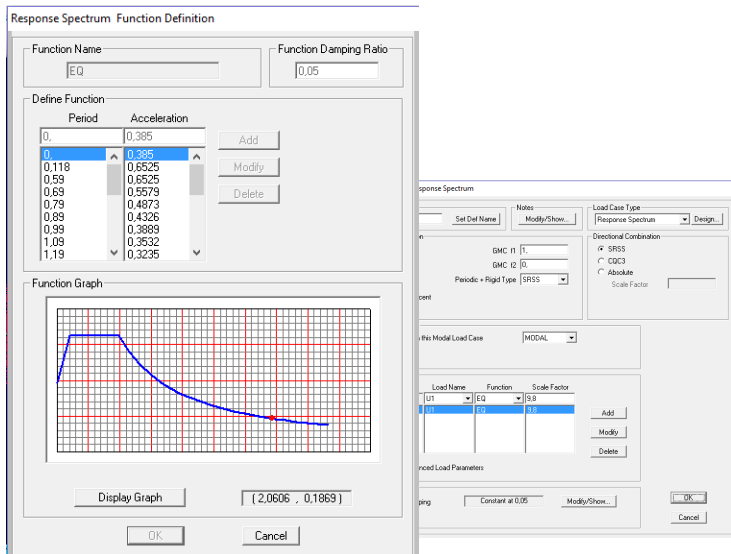
- **Respons spektrum rencana**

Respons spektra adalah nilai yang menggambarkan respons maksimum dari system berderajat-kebebasan-tunggal pada berbagai frekuensi alami (periode alami) teredam akibat suatu goyangan tanah. Untuk kebutuhan praktis, maka respons spektra dibuat dalam bentuk respons spektra yang sudah disederhanakan.



Gambar 5.9 Bentuk tipikal respons spektra di permukaan tanah.





Gambar 4.6 Input Grafik Respon Spectrum Pada SAP 2000

Dimana :

- I = 1.0 (Jembatan)
- R = 1 (Rangka Pemikul Biasa → Baja)

Perhitungan :

$$U1 = 100\% \times (9,81 \times 1) / 1 = 9,8 \rightarrow \text{untuk arah X}$$

Untuk arah Y Sama juga.

Tabel 4.7 Nilai C Dan T Untuk wilayah gempa Zona 3

Tanah Sedang	
Sds = 0,6525	
Sd1 = 0,385	
PGA = 0,225	
FPGA = 1,6	
T	C
0,000	0,385
0,118	0,653
0,590	0,653
0,690	0,558
0,790	0,487
0,890	0,433
0,990	0,389
1,090	0,353
1,190	0,324
1,290	0,298
1,390	0,277
1,490	0,258
1,590	0,242
1,690	0,228
1,790	0,215
1,890	0,204
1,990	0,193
2,090	0,184
2,190	0,176
2,290	0,168
2,390	0,161
2,490	0,155
2,590	0,149

Nilai Berikut yang akan diinput pada fungsi respon sepectra di analisa Struktur SAP 2000. Koefisien elastic tersebut yang berubah menjadi beban gempa pada struktur Jembatan Kereta Api ini.

Faktor Pembesaran dapat di input pada kombinasi beban gempa pada arah x dan y dengan besaran 100% dan 30% pada masing-masing arah gempa dan sebaliknya.

Kategori kinerja seismik

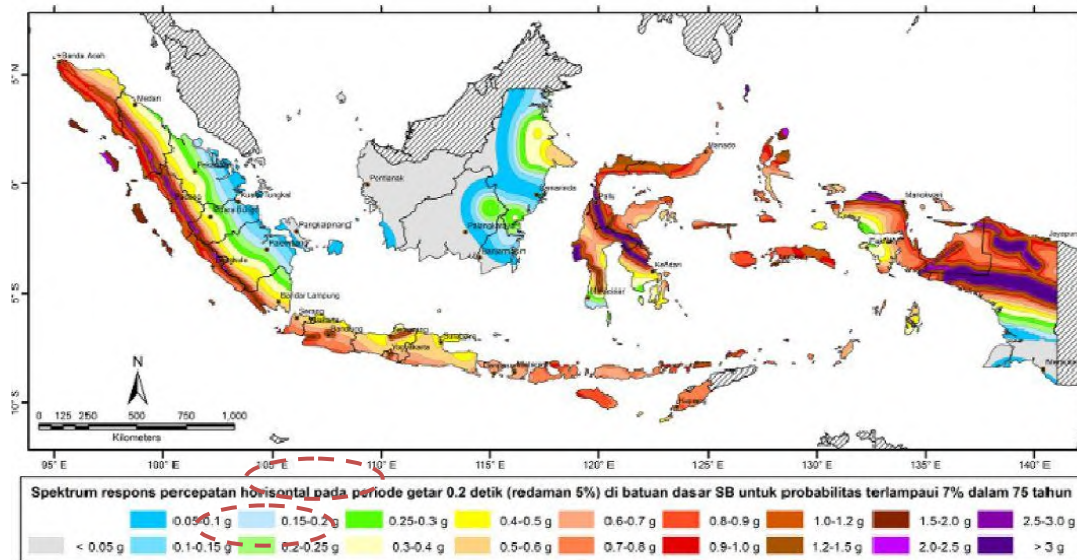
Setiap jembatan harus ditetapkan dalam salah satu empat zona gempa berdasarkan spektra percepatan periode 1 detik (*SDI*) sesuai Tabel dibawah. Kategori tersebut menggambarkan variasi risiko seismik dan digunakan untuk penentuan metode analisis, panjang tumpuan minimum, detail perencanaan kolom, dan prosedur desain fondasi dan kepala jembatan.

Koefisien percepatan (<i>SD1</i>)	Zona gempa
$S_{D1} \leq 0,15$	1
$0,15 < S_{D1} \leq 0,30$	2
$0,30 < S_{D1} \leq 0,50$	3
$S_{D1} > 0,50$	4

Tabel 4.8 Zona Gempa

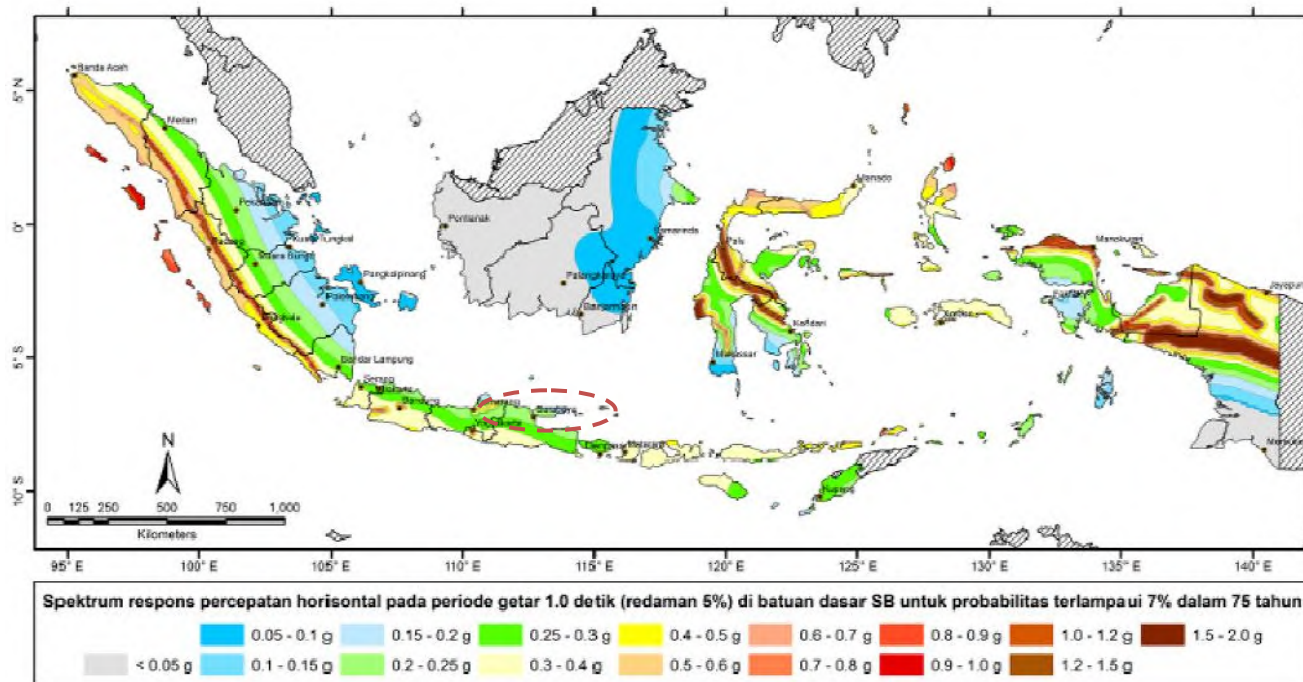
S_{DS} adalah nilai spektra permukaan tanah pada periode pendek ($T=0.2$ detik).

S_{DI} adalah nilai spektra permukaan tanah pada periode 1.0 detik



Gambar 5 - Peta respons spektra percepatan 0.2 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun

Gambar 4.7 Peta Respon Spektra percepatan 0,2 detik untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 Tahun.



Gambar 6 - Peta respons spektra percepatan 1 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun

Gambar 4.8 Peta respon spektra percepatan 1 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun

4.4 Kombinasi Pembebanan :

Beban Kombinasi yang dipakai adalah sesuai dengan Standart teknis kereta Api Indonesia untuk Struktur Jembatan Baja.

Tabel 4.9 Kombinasi pembebanan

LAYAN	ULTIMATE
1. D	1. 1,3D
2. D + 3 CT	2. 1,3D + 1,8 3 CT
3. D + 6 CT	3. 1,3D + 1,8 6 CT
4. D + 3 CT + W	4. 1,3D + 1,8 3 CT + 1,2W
5. D + 6 CT + W	5. 1,3 D + 1,8 6 CT + 1,2W
6. D + EQ X + 0,3EQ Y	6. 1,3D + EQ X + 0,3EQ Y
8. D + 0,3EQ X + EQY	8. 1,3D + 0,3 EQ X + QY

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

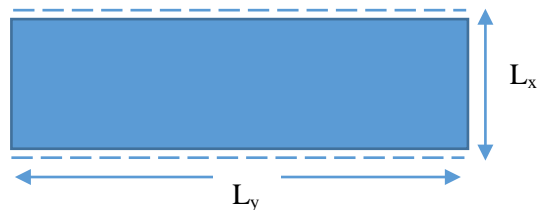
PERENCANAAN BANGUNAN SEKUNDER

5.1 Perencanaan Pelat Precast

Elemen pelat pracetak menggunakan beton pracetak dengan spesifikasi $f'c = 40$ Mpa untuk beton pracetak dan baja tulangan dengan $f_y = 320$ Mpa. Perhitungan elemen pelat pracetak dianalisis terhadap dua kondisi, yaitu pada saat proses ereksi yang meliputi pengangkatan dan pemasangan atau penuangan beton baru diatas elemen pracetak. Asumsi pembuatan elemen pracetak adalah dilokasi proyek, sehingga tidak perlu alat transport mobil selain crane yang dipakai selama proses ereksi.

5.1.1 Spesifikasi dan Faktor Beban

Pelat pracetak diletakkan di atas dua tumpuan, yang menumpu pada sisi arah y (terpanjang), sehingga dalam analisa strukturnya pelat ini dianggap bekerja sebagai pelat satu arah (*one way slab*) saat pelaksanaan.



5.1 Ilustrasi Penampang Pelat Precast

- **Spesifikasi Pelat Precast**
 $f'c = 40$ Mpa

$$\begin{aligned}
 b &= 1000 \text{ mm} \\
 h &= 150 \text{ mm} \\
 A &= 150000 \text{ mm}^2 \\
 I &= 281250000 \text{ mm}^4 \\
 h_{\text{top}} &= 100 \text{ mm} \\
 h_{\text{comp}} &= 250 \text{ mm} \\
 I_{\text{comp}} &= 1302083333 \text{ mm}^4 \\
 A_{\text{comp}} &= 250000 \text{ mm}^2 \\
 L_x &= 3500 \text{ mm} \\
 L_y &= 5000 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

5.1.2 Pembebanan

Beban mati (DL)

$$\begin{aligned}
 \text{Beban precast} &= ts \times \gamma_{\text{beton}} \times b \\
 &= 0,25 \times 2,4 \times 1 \\
 &= 0,6 \text{ t/m}
 \end{aligned}$$

Beban Hidup

Faktor kejut (i):

$$\begin{aligned}
 i &= 0,1 + \frac{22,5}{50 + L} \\
 &\text{dengan bentang jembatan (L)} = 120 \text{ m} \\
 i &= 0,1 + \frac{22,5}{50 + 120} \\
 i &= 0,23
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{\text{roda}} &= (1 + i) \times P \\
 &= (1 + 0,23) \times 12 = 14,778 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

5.1.3 Perhitungan Momen

Momen untuk beban mati

$$\begin{aligned}
 M_{\text{DL}} &= 1/8 \times q_{\text{DL}} \times L_x^2 \\
 &= 1/8 \times 8,995 \times 3,5^2
 \end{aligned}$$

$$= 13,774 \text{ ton-m}$$

Momen untuk beban hidup

$$\begin{aligned} M_{\text{roda}} &= P_{\text{roda}}/2 \times (L_x/2 - 1,067/2) \\ &= \frac{14,778}{2} \times \left(\frac{3,5}{2} - \frac{1,067}{2} \right) \\ &= 8,995 \text{ ton-m} \end{aligned}$$

Dengan, momen terfaktor sebagai berikut:

$$\begin{aligned} M_U &= 1,3 M_{DL} + 1,8 M_{\text{roda}} \\ &= (1,3 \times 13,774) + (1,8 \times 8,995) \\ &= 34,096 \text{ ton-m} \end{aligned}$$

5.1.4 Penulangan Pelat

Direncanakan:

$$f_y = 320 \text{ Mpa}$$

$$f_c' = 40 \text{ Mpa}$$

$$\beta_1 = 0,85 \text{ (karena } f_c' \leq 30 \text{ Mpa} \rightarrow \text{SK SNI 3.3.2-7.3)}$$

$$\phi = 0,8 \text{ (faktor reduksi kekuatan berdasarkan SK SNI 3.2.3-2.2.a} \rightarrow \text{untuk tulangan yang terkena beban tarik dan aksial tarik dengan lentur)}$$

$$\text{Selimut beton (d')} = 50 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal slab (ts)} = 250 \text{ mm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{320}{0,85 \times 40} = 9,412$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{320} = 0,0044$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times f_c' \times \beta_1}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times 40 \times 0,85}{320} \left(\frac{600}{600 + 320} \right) = 0,0589$$

$$\begin{aligned}\rho_{\max} &= 0,75 \times \rho_b \\ &= 0,75 \times 0,0589 = 0,0442\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}d_x &= ts - d' - \emptyset - D/2 \\ &= 250 - 50 - 16 - 9,5 \\ &= 175 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$R_n = \frac{Mn}{b.d_x^2} = \frac{34096460,05}{1000 \times 175^2} = 1,4 \text{ N/mm}^2$$

(Mpa)

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}} \right] \\ &= \frac{1}{9,412} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 9,412 \times 1,4}{320}} \right] \\ &= 0,0045\end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = 0,0044 \leq \rho = 0,0045 \leq \rho_{\max} = 0,044 \text{ OK!}$$

$$\begin{aligned}As_{\text{perlu}} &= \rho \times b \times d_x \\ &= 0,0045 \times 1000 \times 175 = 779,6522 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Kontrol jarak spasi tulangan

$$\begin{aligned}S_{\max} &\leq 2 \times h \\ &\leq 2 \times 250 \text{ mm} \\ &\leq 500 \text{ mm}\end{aligned}$$

Dipakai tulangan D19, sehingga jarak antar tulangan:

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times D^2 \times b}{As_{\text{perlu}}}$$

$$= \frac{0,25 \times \pi \times 19^2 \times 1000}{779,6522} = 363,476 \text{ mm}$$

$$S = 150 \text{ mm} \leq S_{\max} = 500 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan D19-150

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{pakai}}} &= \frac{0,25 \times \pi \times D^2 \times b}{S_{\text{pakai}}} \\ &= \frac{0,25 \times \pi \times 19^2 \times 1000}{150} = \\ 1889,233 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{susut}}} &= \rho \times b \times d_x \\ &= 0,0045 \times 1000 \times 175 = 779,6522 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol jarak spasi tulangan

$$\begin{aligned} S_{\max} &\leq 2 \times h \\ &\leq 2 \times 250 \text{ mm} \\ &\leq 500 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dipakai tulangan D13, sehingga jarak antar tulangan:

$$\begin{aligned} S &= \frac{0,25 \times \pi \times D^2 \times b}{A_{\text{perlu}}} \\ &= \frac{0,25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{779,6522} = 170,159 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S = 150 \text{ mm} \leq S_{\max} = 500 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan D19-150

$$\begin{aligned}
 A_{s_{\text{pakai}}} &= \frac{0,25 \times \pi \times D^2 \times b}{S_{\text{pakai}}} \\
 &= \frac{0,25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{150} = 884,4333 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

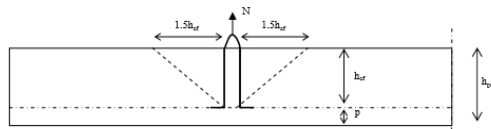
5.1.5 Cek Stage Erection (Saat Konstruksi)

$$\begin{array}{rcl}
 q_{LL} & = 100 \text{ kg/m} & = 0,100 \text{ t/m} \\
 q_{DL10\text{cm}} & = 2,4 \times 0,10 \times 1 & = 0,240 \text{ t/m} \\
 q_{DL15\text{cm}} & = 2,4 \times 0,15 \times 1 & = 0,468 \text{ t/m} \quad + \\
 \hline
 \text{qult} & & = 0,808 \text{ t/m}
 \end{array}$$

$$\begin{aligned}
 M_U &= 1/8 \times q_{\text{ult}} \times L^2 \\
 &= 1/8 \times 0,808 \times 3,5^2 \\
 &= 0,825 \text{ t-m} < 34,096 \text{ ton-m} \dots\dots\dots \text{OK!}
 \end{aligned}$$

5.1.6 Analisa Kekuatan Angkur Pengangkatan

Untuk angkur digunakan tulangan baja polos U24 (240 Mpa) yang dibengkokkan bagian ujungnya seperti terlihat pada sketsa gambar dibawah ini:



5.2 Sketsa Pengangkuran pada Pelat Precast

Gaya tarik nominal yang bekerja pada angkur harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:

- Kekuatan baja angkur (N_{SA})

$$N_n \leq N_{sa}$$

$$N_{sa} = n \cdot A_{se} \cdot f_{uta}, \text{ dan } f_{uta} = 1,9 f_{ya}; f_{uta} \leq 860 \text{ Mpa}$$
 Dimana: N_n = gaya tarik pada angkur (N)
 N_{sa} = kekuatan baja angkur (N)

n = jumlah angkur yang ditanam
 A_{se} = luas tulangan angkur (mm^2)
 f_{uts} = kekuatan tarik angkur baja (Mpa)
 f_{ya} = kekuatan leleh tarik angkur baja (Mpa)

- Kekuatan pecah beton dari angkur tunggal terhadap gaya tarik (N_b)

$$N_n \leq N_b$$

$$N_b = k_c \sqrt{f'c \cdot h_{ef}^{1,5}}$$

Dimana: N_n = gaya tarik pada angkur (N)
 N_{sa} = kekuatan baja angkur (N)
 k_c = 10 (*cast-in-anchor*)
 $f'c$ = kuat tekan beton (Mpa)
 h_{eff} = tinggi efektif atau kedalaman angkur (mm)

Jika $N_n = N_b$ diketahui, maka dapat dicari kedalaman angkur minimal, dengan rumus sebagai berikut:

$$h_{eff} = \sqrt[3]{\left(\frac{N_n}{k_c \sqrt{f'c}} \right)^2}$$

- Perhitungan tebal minimum pada:
 hpracetak = 150 mm
 qberat pracetak = 5 x 3,5 x 0,15 x 2,4
 = 6,3 ton
 $q_U = 1,3 \times 6,3 \text{ ton}$
 = 8,19 ton
 Gaya angkat (4 titik angkat) N_n :

$$N_n = \frac{8,19}{4} = 2,0475 \text{ ton} = 20475 \text{ N}$$

- Penentuan diameter angkur berdasarkan analisa kekuatan baja angkur:

Dengan $f_{ya} = 240 \text{ Mpa}$, m

Maka $f_{uta} = 1,9 \times 240 \text{ Mpa}$
 $= 456 \text{ Mpa} (< 860 \text{ Mpa})$

$$N_{sa} = N_n$$

$$20475 = 2 \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot 456$$

$$d^2 = \frac{81900}{1413,84}$$

$$d = 8 \text{ mm}$$

Digunakan diameter tulangan angkur polos untuk pengangkatan pelat adalah Ø8.

- Penentuan kedalaman angkur berdasarkan analisa kekuatan pecah beton dari angkur terhadap gaya tarik

$$N_b = N_n = 20475 \text{ N}$$

Dimana $f'_c = 40 \text{ Mpa}$, maka kedalaman angkur efektif minimal (h_{eff}):

$$h_{eff} = \sqrt[3]{\left(\frac{N_n}{k_c \sqrt{f'_c}} \right)^2}$$

$$h_{eff} = \sqrt[3]{\left(\frac{20475}{10\sqrt{40}} \right)^2}$$

$$h_{eff} = 47,147 \text{ mm}$$

Berdasarkan analisa kekuatan baja angkur dan kekuatan pecah beton terhadap angkur, maka ditentukan:

1. Diameter baja polos angkur Ø8
2. Kedalaman efektif minimal baja angkur pada pelat pracetak, $h_{\text{eff}} = 50 \text{ mm}$

5.1.7 Shear connector

Untuk jarak perhitungan shear connector (BMS pasal 7.6.3) tidak boleh melebihi nilai sebagai berikut:

- 60 mm
- 2 x tebal lantai
- 4 x tebal shear connector

Tinggi minimum dari paku shear connector adalah 75 mm dan jarak antara paku shear connector dengan ujung flange tidak boleh kurang dari 25 mm. Untuk diameter paku shear connector tidak boleh melebihi:

- 1,5 x tebal flange bila pelat memikul tegangan tarik
- 2,0 x tebal pelat flange bila tidak ada tegangan tarik

Direncanakan untuk *top flange* 450 mm x 50 mm

Direncanakan shear connector jenis paku/stud dengan data-data sebagai berikut:

Diameter = 20 mm < 1,5 x 50 = 75 mm

Asc = 314,1593 mm²

Tinggi total = 100 mm

Jarak melintang = 175 mm

antar stud

Kuat beton ($f'c$) = 40 Mpa

$\sigma_c = 0,4 \times f'c = 0,4 \times 40 = 16 \text{ Mpa}$

Mutu stud = 500 Mpa

Gaya geser longitudinal dalam keadaan batas ultimate

$$\begin{aligned}
 VL^* &= A_s \times f_y \\
 &= (450 \times 50) \times 290 \\
 &= 6525000 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Gaya geser rencana

$$VL_s = \frac{VL^*}{\phi} = 8700000 \text{ N}$$

Kekuatan untuk 1 (satu) konektor

$$\begin{aligned}
 V_{su} &= 0,25 \times \pi \times D^2 \times f_u \\
 &= 0,25 \times 3,14 \times 20^2 \times 500 \\
 &= 157079,6 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Jumlah konektor stud yang dibutuhkan

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{VL_s}{0,55 \times V_{su}} \\
 &= \frac{8700000}{0,55 \times 157079,6} \\
 &= 100,7017 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Ambil 100 buah

Rencanakan 1 baris konektor

Jumlah konektor = 25 buah

Panjang tinjauan = 2400 mm

$$\text{Jarak terjauh antara konektor} = \frac{2400}{25} = 96 \sim 100 \text{ mm}$$

Dan untuk menyambung steel deck yang terhubung dengan pelat dengan steel-concrete composite digunakan sambungan las. Adapun sambungan las dengan spesifikasi sebagai berikut:

Mutu sambungan las

$$f_u = 500 \text{ Mpa}$$

$$f_{uw} = 490 \text{ Mpa}$$

Persyaratan ukuran las:

$$\text{Maksimum} = 50 - 1,6 = 48,4 \text{ mm}$$

$$\text{Minimum} = 6 \text{ mm}$$

Gunakan ukuran las 12 mm

$$t_e = 0,707 \times 12 = 8,484 \text{ mm}$$

Kuat rencana las sudut ukuran 12 mm per mm panjang:

$$\begin{aligned} \phi.R_{nw} &= \phi \times 0,6 \times t_e \times f_{uw} \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 8,484 \times 490 = 1870,72 \\ &\text{N/mm} \end{aligned}$$

Dan kapasitas las ini tidak boleh melebihi kuat runtuh geser pelat:

$$\begin{aligned} \phi.R_{nw} &= \phi \times 0,6 \times t_e \times f_{uw} \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 50 \times 490 = 11250,00 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

Dengan, gaya tarik sebesar:

$$\begin{aligned} T &= 8700000 \text{ N} \\ &= 870000 \text{ kg} \end{aligned}$$

Panjang total las yang dibutuhkan, L_w :

$$L_w = \frac{870000}{1870,722} = 5580,733 \text{ mm}$$

Dengan, panjang las pada 4 bagian menjadi 1395,183 mm

Ambil 1500 mm

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB VI BOX GIRDER

Desain box girder pada jembatan ini menggunakan *steel-concrete composite box girder bridges* dengan rencana dimensi tebal 20mm dan terdapat rusuk di bagian kanan dan kiri. Pada bab ini akan dicek kemampuan dari gelagar utama dalam menerima gaya akibat beban dan kombinasi yang direncanakan.

6.1 Box Girder

Data perencanaan box girder:

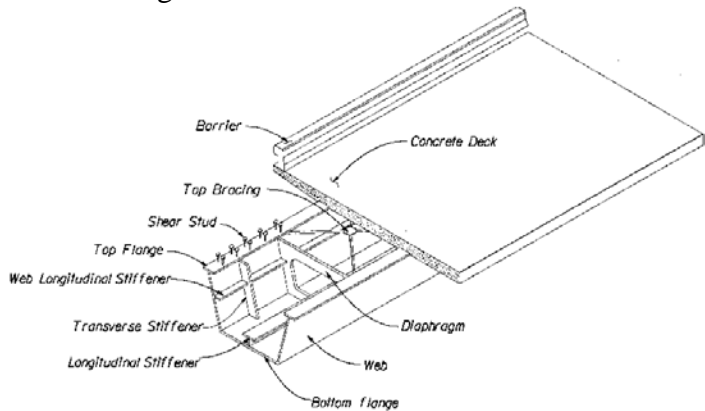
BJ 50: $f_u = 500 \text{ Mpa}$

$f_y = 290 \text{ Mpa}$

Top flange = 50 mm

Web plate = 50 mm

Bottom flange = 50 mm



6.1 Steel-concrete composite box girder bridges

6.2 Hasil Analisa Struktur

Analisa struktur gelagar utama dilakukan dengan program bantu SAP2000 v.14.2.2. Dengan hasil analisa seperti pada bab analisa struktur

didapatkan nilai tegangan yang terjadi dari semua kombinasi, lihat tabel 9.1 berikut ini.

6.3 Kontrol Lendutan Yang Terjadi

Persyaratan untuk lendutan per bentang memanjang

$$L = 150 \text{ m}$$

$$= 15000 \text{ cm}$$

$$\delta_{ijin} = \frac{L}{800}$$

$$\text{Lendutan ijin } \delta_{ijin} = \frac{8000}{800}$$

$$= 10 \text{ cm}$$

Tabel 6.1 Tipikal lendutan pada jembatan kereta api

Jenis Kereta	L (m)		$0 < L < 50$	$L \geq 50$	Seluruh Bentang
Lokomotif			L/800	L/700	L/1000
Kereta Listrik dan/atau kereta diesel	V (km/h)	$V \leq 100$	L/700		
		$100 < V \leq 130$	L/800	L/700	
		$101 < V \leq 160$	L/1100	L/900	

Akibat Beban D + 6CT + W = 5,7 cm < 10 cm OK!

6.4 Kontrol Tegangan

Dari hasil SAP2000 untuk tegangan yang terjadi akan dicek berdasarkan panjang pelat yang ada sepanjang 10 m. Hal ini terjadi karena panjang trailer yang ada di lapangan ada 10 – 12 m, maka direncanakan untuk panjang box yang dibawa dari pabrikasi oleh trailer 10 m.

6.4.1 Kontrol Tegangan dan Sambungan Untuk Section 1-1

Kontrol tegangan yang dicek adalah hasil kombinasi yang digunakan dengan dibandingkan dengan σ_{ijin} yang ada pada bahan yaitu BJ 50.

Tabel 6.2 Hasil tegangan dari output SAP2000

Kombinasi Ultimate	σ_{ijin}	$\sigma_{web\ plate}$		$\sigma_{bottom\ flange}$	
		S11	S22	S11	S22
1,3D	2900	202,766	170,311	350,963	477,983
1,3D + 1,8 3CT	2900	381,611	325,795	742,020	875,895
1,3D + 1,8 6CT	2900	391,713	335,159	759,791	897,275
1,3D + 1,8 3CT (1)	2900	308,392	265,567	589,152	704,035
1,3D + 1,8 6CT (1)	2900	313,156	270,488	597,865	715,755
1,3D + 1,8 3CT + 1,2 W	2900	381,611	325,795	742,020	875,895
1,3D + 1,8 6CT + 1,2 W	2900	391,713	335,159	759,791	897,275
1,3D + 1,8 3CT (1) + 1,2 W	2900	308,392	265,567	589,152	704,034
1,3D + 1,8 6CT (1) + 1,2 W	2900	313,156	270,488	597,865	715,755
1,3D + EQ X + 0,3EQ Y	2900	262,608	269,948	378,582	525,348
1,3D + 0,3EQ X + EQ Y	2900	408,629	412,600	437,816	840,615

Sumber: Hasil Pengolahan Data

- **Sambungan antar Web plate**

Spesifikasi untuk tegangan ijin bahan

Mutu baut A325

$f_y = 585 \text{ Mpa}$

$f_{u_b} = 825 \text{ Mpa}$

$\varnothing = 22 \text{ mm}$

$d_l = 24 \text{ mm}$

Mutu pelat baja BJ 50

$f_y = 290 \text{ Mpa}$

$f_{u_p} = 500 \text{ Mpa}$

$t_p = 20 \text{ mm}$

$$\text{Gaya gesek} = t_b \times h \times \sigma_{\text{terjadi}}$$

Untuk σ_{terjadi} yang digunakan adalah hasil kombinasi 1,3D + 1,8 6CT + 1,2W, yaitu 412,6 kg/cm²

$$\begin{aligned}\text{Gaya geser} &= 5,0 \times 404,2 \times 412,6 \\ &= 833864,6 \text{ kg}\end{aligned}$$

Rencana:

$$\begin{aligned}\text{Baut } \varnothing &= 2,2 \text{ cm} \\ \text{Ab} &= \frac{1}{4} \times \pi \times \varnothing^2 \\ &= 3,7994 \text{ cm}^2 \\ \text{Tb} &= (0,7 \times f_u) \times (0,75 \times \text{Ab}) \\ &= (0,7 \times 825 \times 10) \times (0,75 \times 3,7994) \\ &= 16456,15 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\text{Pelat sambung} = 5 \text{ cm}$$

Baut mutu tinggi tipe gesek

Koefisien gesek untuk bidang kontak dalam keadaan bersih, $\mu = 0,35$

Jumlah bidang geser, $m = 2$

Faktor reduksi kekuatan untuk lubang standar, $\phi = 1$

$$\begin{aligned}V_h &= 1,13 \times \mu \times m \times \text{Tb} \\ &= 1,13 \times 0,35 \times 2 \times 16456,15 \\ &= 13016,81564 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_d &= \phi \times V_h \\ &= 1,0 \times 13016,81564 \\ &= 13016,81564 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$n = \frac{Pu}{Vd} = \frac{833864,6}{13016,81564} = 64$$

ambil untuk jumlah baut 66 buah

$$Pu \leq n V_d$$

$$\begin{aligned} 833864,6 &\leq 66 \times 13016,81564 \\ 833864,6 &\leq 859109,8322 \text{OK!} \end{aligned}$$

Ketentuan jarak baut, disamping juga ditentukan oleh kekuatan dan penyampaian beban pada sambungan juga ditentukan dari segi pelaksanaan. Jarak baut dari as ke as dan jarak baut ke tepi pelat ditentukan pada peraturan LRFD.

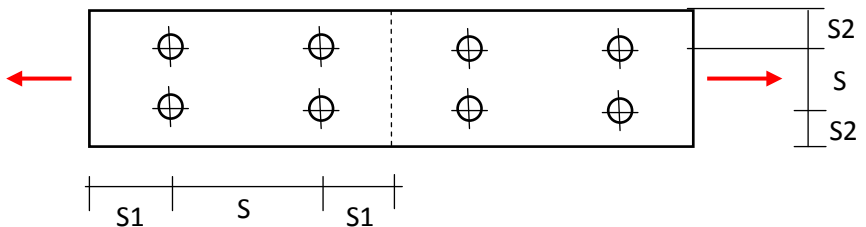
$$3\emptyset \leq S \leq 15 \text{ tp atau } 200 \text{ mm}$$

$$1,5\emptyset \leq S1 \leq (4\text{tp} + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$1,5\emptyset \leq S2 \leq 12\text{tp atau } 150 \text{ mm}$$

- Untuk tepi dipotong dengan tangan = $1,75 \emptyset$
- Untuk tepi dipotong dengan mesin = $1,50 \emptyset$
- Tepi profil bukan hasil potongan = $1,25 \emptyset$

Adapun untuk pemasangan dari masing-masing baut pada setiap section pada web plate jaraknya disesuaikan dengan jumlah baut tetaplah sama.



Keterangan:

\emptyset = diameter baut

S = jarak antar baut

S1 = jarak baut tepi ke tepi pelat yang terbebani

S2 = jarak baut tepi ke tepi pelat yang tidak terbebani
 tp = tebal pelat tertipis dalam sambungan

Untuk baut dengan $\varnothing = 22$ mm dengan tebal pelat tertipis $tp = 20$ mm

- $3\varnothing \leq S \leq 15tp$ atau 200 mm
 $66 \leq S \leq 300$ atau 200 mm
 S dipasang jarak = 100 mm
- $1,5\varnothing \leq S1 \leq (4tp + 100)$ atau 200 mm
 $33 \leq S1 \leq 180$ atau 200
 S1 dipasang sejarak 100 mm
- $1,5\varnothing \leq S2 \leq 12tp$ atau 150 mm
 $33 \leq S2 \leq 240$ atau 150
 S2 dipasang sejarak 100 mm

Kontrol pelat penyambung

Luas penampang brutto = $tp \times h$

$$(Ab) = 5 \times 404,2 \\ = 2021 \text{ cm}^2$$

Luas penampang netto = $Ab - (n \times d1 \times tp)$

$$(A_{\text{nett}}) = 2021 - (66 \times 2,4 \times 5) \\ = 1229 \text{ cm}^2$$

Ru baut = $n \times Rn$

$$= 66 \times 13016,82$$

$$= 859109,8 \text{ kg}$$

Ru plat = $\varnothing \times A_{\text{nett}} \times fu$

$$= 0,75 \times 1229 \times 5000$$

$$= 4608750 \text{ kg}$$

Ru pelat > Ru bautOK!

• **Sambungan antar Bottom flange**

Spesifikasi untuk tegangan ijin bahan
 Mutu baut A325

$$\begin{aligned}
 f_y &= 585 \text{ Mpa} \\
 f_{u_b} &= 825 \text{ Mpa} \\
 \emptyset &= 22 \text{ mm} \\
 d_l &= 24 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Mutu pelat baja BJ 50

$$\begin{aligned}
 f_y &= 290 \text{ Mpa} \\
 f_{u_p} &= 500 \text{ Mpa} \\
 t_p &= 20 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\text{Gaya gesek} = t_b \times h \times \sigma_{\text{terjadi}}$$

Untuk σ_{terjadi} yang digunakan adalah hasil kombinasi 1,3D + 1,8 6CT + 1,2W, yaitu 897,275 kg/cm²

$$\begin{aligned}
 \text{Gaya geser} &= 5,0 \times 200 \times 897,275 \\
 &= 897275 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Rencana:

$$\begin{aligned}
 \text{Baut } \emptyset &= 2,2 \text{ cm} \\
 A_b &= \frac{1}{4} \times \pi \times \emptyset^2 \\
 &= 3,7994 \text{ cm}^2 \\
 T_b &= (0,7 \times f_u) \times (0,75 \times A_b) \\
 &= (0,7 \times 825 \times 10) \times (0,75 \times 3,7994) \\
 &= 16456,15 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\text{Pelat sambung} = 8 \text{ cm}$$

Baut mutu tinggi tipe gesek

Koefisien gesek untuk bidang kontak dalam keadaan bersih, $\mu = 0,35$

Jumlah bidang geser, $m = 2$

Faktor reduksi kekuatan untuk lubang standar, $\phi = 1$

$$\begin{aligned}
 V_h &= 1,13 \times \mu \times m \times T_b \\
 &= 1,13 \times 0,35 \times 2 \times 16456,15 \\
 &= 13016,81564 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_d &= \phi \times V_h \\
 &= 1,0 \times 13016,81564 \\
 &= 13016,81564 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$n = \frac{Pu}{Vd} = \frac{897275}{13016,81564} = 68,93199$$

ambil untuk jumlah baut 70 buah

$$\begin{aligned}
 Pu &\leq n V_d \\
 897275,0 &\leq 70 \times 13016,81564 \\
 897275,0 &\leq 911177,0947 \text{OK!}
 \end{aligned}$$

Ketentuan jarak baut, disamping juga ditentukan oleh kekuatan dan penyampaian beban pada sambungan juga ditentukan dari segi pelaksanaan. Jarak baut dari as ke as dan jarak baut ke tepi pelat ditentukan pada peraturan LRFD.

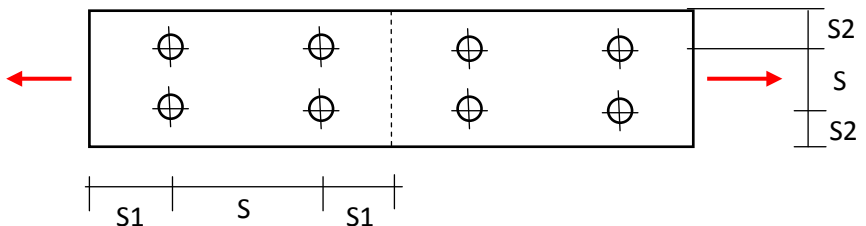
$$3\phi \leq S \leq 15 \text{ tp atau } 200 \text{ mm}$$

$$1,5\phi \leq S1 \leq (4\text{tp} + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$1,5\phi \leq S2 \leq 12\text{tp atau } 150 \text{ mm}$$

- Untuk tepi dipotong dengan tangan = $1,75 \phi$
- Untuk tepi dipotong dengan mesin = $1,50 \phi$
- Tepi profil bukan hasil potongan = $1,25 \phi$

Adapun untuk pemasangan dari masing-masing baut pada setiap section pada web plate jaraknya disesuaikan dengan jumlah baut tetaplah sama.



Keterangan:

\emptyset = diameter baut

S = jarak antar baut

S1 = jarak baut tepi ke tepi pelat yang terbebani

S2 = jarak baut tepi ke tepi pelat yang tidak terbebani

tp = tebal pelat tertipis dalam sambungan

Untuk baut dengan $\emptyset = 22$ mm dengan tebal pelat tertipis tp = 20 mm

- $3 \emptyset \leq S \leq 15tp$ atau 200 mm
 $66 \leq S \leq 300$ atau 200 mm
 S dipasang jarak = 100 mm
- $1,5\emptyset \leq S1 \leq (4tp + 100)$ atau 200 mm
 $33 \leq S1 \leq 180$ atau 200
 S1 dipasang sejarak 100 mm
- $1,5\emptyset \leq S2 \leq 12tp$ atau 150 mm
 $33 \leq S2 \leq 240$ atau 150
 S2 dipasang sejarak 100 mm

Kontrol pelat penyambung

Luas penampang brutto = tp x h

$$(Ab) = 8 \times 200 \\ = 1600 \text{ cm}$$

Luas penampang netto = $Ab - (n \times d1 \times tp)$

$$(A_{\text{nett}}) = 1000 - (70 \times 2,4 \times 5) \\ = 256 \text{ cm}^2$$

Ru baut = $n \times Rn$

$$= 70 \times 13016,82$$

$$= 911177,1 \text{ kg}$$

Ru plat

$$= \emptyset \times A_{\text{nett}} \times fu$$

$$= 0,75 \times 160 \times 5000$$

$$= 960000 \text{ kg}$$

Ru pelat > Ru bautOK!

6.4.2 Kontrol Tegangan dan Sambungan Section 2-2

Kontrol tegangan yang dicek adalah hasil kombinasi yang digunakan dengan dibandingkan dengan σ_{ijin} yang ada pada bahan yaitu BJ 50.

Tabel 6.3 Hasil tegangan dari output SAP2000

Kombinasi Ultimate	σ_{ijin}	$\sigma_{web\ plate}$		$\sigma_{bottom\ flange}$	
		S11	S22	S11	S22
1,3D	2900	202,766	170,311	350,963	477,983
1,3D + 1,8 3CT	2900	381,611	325,795	742,020	875,895
1,3D + 1,8 6CT	2900	391,713	335,159	759,791	897,275
1,3D + 1,8 3CT (1)	2900	308,392	265,567	589,152	704,035
1,3D + 1,8 6CT (1)	2900	313,156	270,488	597,865	715,755
1,3D + 1,8 3CT + 1,2 W	2900	381,611	325,795	742,020	875,895
1,3D + 1,8 6CT + 1,2 W	2900	391,713	335,159	759,791	897,275
1,3D + 1,8 3CT (1) + 1,2 W	2900	308,392	265,567	589,152	704,034
1,3D + 1,8 6CT (1) + 1,2 W	2900	313,156	270,488	597,865	715,755
1,3D + EQ X + 0,3EQ Y	2900	262,608	269,948	378,582	525,348
1,3D + 0,3EQ X + EQ Y	2900	408,629	412,600	437,816	840,615

Sumber: Hasil Pengolahan Data

- **Sambungan antar Web plate**

Spesifikasi untuk tegangan ijin bahan

Mutu baut A325

$f_y = 585 \text{ Mpa}$

$f_{u_b} = 825 \text{ Mpa}$

$\emptyset = 22 \text{ mm}$

$d_l = 24 \text{ mm}$

Mutu pelat baja BJ 50

$f_y = 290 \text{ Mpa}$

$f_{u_p} = 500 \text{ Mpa}$

$$t_p = 20 \text{ mm}$$

$$\text{Gaya gesek} = t_b \times h \times \sigma_{\text{terjadi}}$$

Untuk σ_{terjadi} yang digunakan adalah hasil kombinasi 1,3D + 1,8 6CT + 1,2W, yaitu $412,6 \text{ kg/cm}^2$

$$\begin{aligned} \text{Gaya geser} &= 5,0 \times 500 \times 412,6 \\ &= 1031500 \text{ kg} \end{aligned}$$

Rencana:

$$\begin{aligned} \text{Baut } \varnothing &= 2,2 \text{ cm} \\ \text{Ab} &= \frac{1}{4} \times \pi \times \varnothing^2 \\ &= 3,7994 \text{ cm}^2 \\ \text{Tb} &= (0,7 \times f_u) \times (0,75 \times \text{Ab}) \\ &= (0,7 \times 825 \times 10) \times (0,75 \times 3,7994) \\ &= 16456,15 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\text{Pelat sambung} = 5 \text{ cm}$$

Baut mutu tinggi tipe gesek

Koefisien gesek untuk bidang kontak dalam keadaan bersih, $\mu = 0,35$

Jumlah bidang geser, $m = 2$

Faktor reduksi kekuatan untuk lubang standar, $\phi = 1$

$$\begin{aligned} V_h &= 1,13 \times \mu \times m \times \text{Tb} \\ &= 1,13 \times 0,35 \times 2 \times 16456,15 \\ &= 13016,81564 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_d &= \phi \times V_h \\ &= 1,0 \times 13016,81564 \\ &= 13016,81564 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$n = \frac{Pu}{Vd} = \frac{1031500}{13016,81564} = 79,24365$$

ambil untuk jumlah baut 80 buah

$$\begin{aligned}
 P_u &\leq n V_d \\
 1031500,0 &\leq 80 \times 13016,81564 \\
 1031500,0 &\leq 1041345,251 \dots\dots\dots \text{OK!}
 \end{aligned}$$

Ketentuan jarak baut, disamping juga ditentukan oleh kekuatan dan penyampaian beban pada sambungan juga ditentukan dari segi pelaksanaan. Jarak baut dari as ke as dan jarak baut ke tepi pelat ditentukan pada peraturan LRFD.

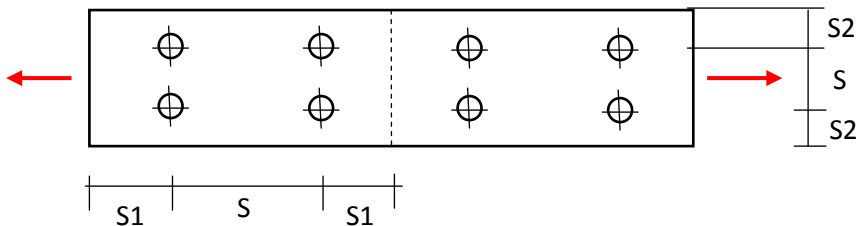
$$3\emptyset \leq S \leq 15 \text{ tp atau } 200 \text{ mm}$$

$$1,5\emptyset \leq S1 \leq (4\text{tp} + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$1,5\emptyset \leq S2 \leq 12\text{tp atau } 150 \text{ mm}$$

- Untuk tepi dipotong dengan tangan = $1,75 \emptyset$
- Untuk tepi dipotong dengan mesin = $1,50 \emptyset$
- Tepi profil bukan hasil potongan = $1,25 \emptyset$

Adapun untuk pemasangan dari masing-masing baut pada setiap section pada web plate jaraknya disesuaikan dengan jumlah baut tetaplah sama.



Keterangan:

\emptyset = diameter baut

S = jarak antar baut

S1 = jarak baut tepi ke tepi pelat yang terbebani

S2 = jarak baut tepi ke tepi pelat yang tidak terbebani

tp = tebal pelat tertipis dalam sambungan

Untuk baut dengan $\emptyset = 22$ mm dengan tebal pelat tertipis tp = 20 mm

- $3 \emptyset \leq S \leq 15tp$ atau 200 mm
 $66 \leq S \leq 300$ atau 200 mm
 S dipasang jarak = 100 mm
- $1,5\emptyset \leq S1 \leq (4tp + 100)$ atau 200 mm
 $33 \leq S1 \leq 180$ atau 200
 S1 dipasang sejarak 100 mm
- $1,5\emptyset \leq S2 \leq 12tp$ atau 150 mm
 $33 \leq S2 \leq 240$ atau 150
 S2 dipasang sejarak 100 mm

Kontrol pelat penyambung

Luas penampang brutto = tp x h

$$\begin{aligned} (A_b) &= 5 \times 500 \\ &= 2500 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Luas penampang netto = $A_b - (n \times d1 \times tp)$

$$\begin{aligned} (A_{\text{nett}}) &= 2500 - (80 \times 2,4 \times 5) \\ &= 1540 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ru baut} &= n \times R_n \\ &= 80 \times 13016,82 \\ &= 1041345,0 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ru plat} &= \emptyset \times A_{\text{nett}} \times f_u \\ &= 0,75 \times 1540 \times 5000 \\ &= 5775000 \text{ kg} \end{aligned}$$

Ru pelat > Ru bautOK!

- **Sambungan antar Bottom flange**

Spesifikasi untuk tegangan ijin bahan

Mutu baut A325

$$f_y = 585 \text{ Mpa}$$

$$f_{u_b} = 825 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned}\emptyset &= 22 \text{ mm} \\ d1 &= 24 \text{ mm}\end{aligned}$$

Mutu pelat baja BJ 50

$$\begin{aligned}f_y &= 290 \text{ Mpa} \\ f_{u_p} &= 500 \text{ Mpa} \\ t_p &= 20 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\text{Gaya gesek} = t_b \times h \times \sigma_{\text{terjadi}}$$

Untuk σ_{terjadi} yang digunakan adalah hasil kombinasi
 $1,3D + 1,8 \text{ 6CT} + 1,2W$, yaitu $897,275 \text{ kg/cm}^2$

$$\begin{aligned}\text{Gaya geser} &= 5,0 \times 200 \times 897,275 \\ &= 897275 \text{ kg}\end{aligned}$$

Rencana:

$$\begin{aligned}\text{Baut } \emptyset &= 2,2 \text{ cm} \\ Ab &= \frac{1}{4} \times \pi \times \emptyset^2 \\ &= 3,7994 \text{ cm}^2 \\ Tb &= (0,7 \times f_u) \times (0,75 \times Ab) \\ &= (0,7 \times 825 \times 10) \times (0,75 \times 3,7994) \\ &= 16456,15 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\text{Pelat sambung} = 8 \text{ cm}$$

Baut mutu tinggi tipe gesek

Koefisien gesek untuk bidang kontak dalam keadaan bersih, $\mu = 0,35$

Jumlah bidang geser, $m = 2$

Faktor reduksi kekuatan untuk lubang standar, $\phi = 1$

$$\begin{aligned}V_h &= 1,13 \times \mu \times m \times Tb \\ &= 1,13 \times 0,35 \times 2 \times 16456,15 \\ &= 13016,81564 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_d &= \phi \times V_h \\ &= 1,0 \times 13016,81564\end{aligned}$$

$$= 13016,81564 \text{ kg}$$

$$n = \frac{Pu}{Vd} = \frac{897275}{13016,81564} = 68,93199$$

ambil untuk jumlah baut 70 buah

$$\begin{array}{ll} Pu & \leq n V_d \\ 897275,0 & \leq 70 \times 13016,81564 \\ 897275,0 & \leq 911177,0947 \text{OK!} \end{array}$$

Ketentuan jarak baut, disamping juga ditentukan oleh kekuatan dan penyampaian beban pada sambungan juga ditentukan dari segi pelaksanaan. Jarak baut dari as ke as dan jarak baut ke tepi pelat ditentukan pada peraturan LRFD.

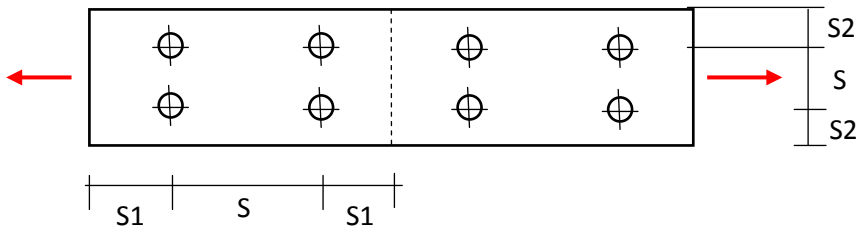
$$3\emptyset \leq S \leq 15 \text{ tp atau } 200 \text{ mm}$$

$$1,5\emptyset \leq S1 \leq (4\text{tp} + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$1,5\emptyset \leq S2 \leq 12\text{tp atau } 150 \text{ mm}$$

- Untuk tepi dipotong dengan tangan = $1,75 \emptyset$
- Untuk tepi dipotong dengan mesin = $1,50 \emptyset$
- Tepi profil bukan hasil potongan = $1,25 \emptyset$

Adapun untuk pemasangan dari masing-masing baut pada setiap section pada web plate jaraknya disesuaikan dengan jumlah baut tetaplah sama.



Keterangan:

- \emptyset = diameter baut
 S = jarak antar baut
 S1 = jarak baut tepi ke tepi pelat yang terbebani
 S2 = jarak baut tepi ke tepi pelat yang tidak terbebani
 tp = tebal pelat tertipis dalam sambungan

Untuk baut dengan $\emptyset = 22$ mm dengan tebal pelat tertipis tp = 20 mm

- $3 \emptyset \leq S \leq 15tp$ atau 200 mm
 $66 \leq S \leq 300$ atau 200 mm
 S dipasang jarak = 100 mm
- $1,5\emptyset \leq S1 \leq (4tp + 100)$ atau 200 mm
 $33 \leq S1 \leq 180$ atau 200
 S1 dipasang sejarak 100 mm
- $1,5\emptyset \leq S2 \leq 12tp$ atau 150 mm
 $33 \leq S2 \leq 240$ atau 150
 S2 dipasang sejarak 100 mm

Kontrol pelat penyambung

$$\begin{aligned}
 \text{Luas penampang brutto} &= tp \times h \\
 (Ab) &= 8 \times 200 \\
 &= 1600 \text{ cm} \\
 \text{Luas penampang netto} &= Ab - (n \times d1 \times tp) \\
 (A_{\text{nett}}) &= 1000 - (70 \times 2,4 \times 5) \\
 &= 256 \text{ cm}^2 \\
 \text{Ru baut} &= n \times Rn \\
 &= 70 \times 13016,82 \\
 &= 911177,1 \text{ kg} \\
 \text{Ru plat} &= \emptyset \times A_{\text{nett}} \times fu \\
 &= 0,75 \times 160 \times 5000 \\
 &= 960000 \text{ kg} \\
 \text{Ru pelat} &> \text{Ru bautOK!}
 \end{aligned}$$

6.4.3 Kontrol Tegangan dan Sambungan Section 3-3

Kontrol tegangan yang dicek adalah hasil kombinasi yang digunakan dengan dibandingkan dengan σ_{ijin} yang ada pada bahan yaitu BJ 50.

Tabel 6.4 Hasil tegangan dari output SAP2000

Kombinasi Ultimate	σ_{ijin}	$\sigma_{web\ plate}$		$\sigma_{bottom\ flange}$	
		S11	S22	S11	S22
1,3D	2900	202,766	170,311	350,963	477,983
1,3D + 1,8 3CT	2900	381,611	325,795	742,020	875,895
1,3D + 1,8 6CT	2900	391,713	335,159	759,791	897,275
1,3D + 1,8 3CT (1)	2900	308,392	265,567	589,152	704,035
1,3D + 1,8 6CT (1)	2900	313,156	270,488	597,865	715,755
1,3D + 1,8 3CT + 1,2 W	2900	381,611	325,795	742,020	875,895
1,3D + 1,8 6CT + 1,2 W	2900	391,713	335,159	759,791	897,275
1,3D + 1,8 3CT (1) + 1,2 W	2900	308,392	265,567	589,152	704,034
1,3D + 1,8 6CT (1) + 1,2 W	2900	313,156	270,488	597,865	715,755
1,3D + EQ X + 0,3EQ Y	2900	262,608	269,948	378,582	525,348
1,3D + 0,3EQ X + EQ Y	2900	408,629	412,600	437,816	840,615

Sumber: Hasil Pengolahan Data

- **Sambungan antar Web plate**

Spesifikasi untuk tegangan ijin bahan

Mutu baut A325

$f_y = 585 \text{ Mpa}$

$f_{u_b} = 825 \text{ Mpa}$

$\emptyset = 22 \text{ mm}$

$d_l = 24 \text{ mm}$

Mutu pelat baja BJ 50

$f_y = 290 \text{ Mpa}$

$f_{u_p} = 500 \text{ Mpa}$

$t_p = 20 \text{ mm}$

$$\text{Gaya gesek} = t_b \times h \times \sigma_{\text{terjadi}}$$

Untuk σ_{terjadi} yang digunakan adalah hasil kombinasi
 $1,3D + 1,8 \text{ 6CT} + 1,2W$, yaitu $412,6 \text{ kg/cm}^2$

$$\begin{aligned}\text{Gaya geser} &= 5,0 \times 405,1 \times 412,6 \\ &= 835721,3 \text{ kg}\end{aligned}$$

Rencana:

$$\begin{aligned}\text{Baut } \varnothing &= 2,2 \text{ cm} \\ \text{Ab} &= \frac{1}{4} \times \pi \times \varnothing^2 \\ &= 3,7994 \text{ cm}^2 \\ \text{Tb} &= (0,7 \times f_u) \times (0,75 \times \text{Ab}) \\ &= (0,7 \times 825 \times 10) \times (0,75 \times 3,7994) \\ &= 16456,15 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\text{Pelat sambung} = 5 \text{ cm}$$

Baut mutu tinggi tipe gesek

Koefisien gesek untuk bidang kontak dalam keadaan bersih, $\mu = 0,35$

Jumlah bidang geser, $m = 2$

Faktor reduksi kekuatan untuk lubang standar, $\phi = 1$

$$\begin{aligned}V_h &= 1,13 \times \mu \times m \times \text{Tb} \\ &= 1,13 \times 0,35 \times 2 \times 16456,15 \\ &= 13016,81564 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_d &= \phi \times V_h \\ &= 1,0 \times 13016,81564 \\ &= 13016,81564 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$n = \frac{Pu}{Vd} = \frac{835721,3}{13016,81564} = 64,20321$$

ambil untuk jumlah baut 66 buah

$$\begin{aligned}Pu &\leq n V_d \\ 835721,3 &\leq 66 \times 13016,81564\end{aligned}$$

$$835721,3 \leq 859109,8322 \text{OK!}$$

Ketentuan jarak baut, disamping juga ditentukan oleh kekuatan dan penyampaian beban pada sambungan juga ditentukan dari segi pelaksanaan. Jarak baut dari as ke as dan jarak baut ke tepi pelat ditentukan pada peraturan LRFD.

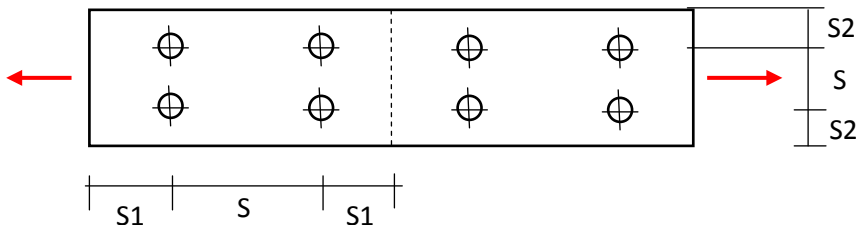
$$3\emptyset \leq S \leq 15 \text{ tp atau } 200 \text{ mm}$$

$$1,5\emptyset \leq S1 \leq (4\text{tp} + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$1,5\emptyset \leq S2 \leq 12\text{tp atau } 150 \text{ mm}$$

- Untuk tepi dipotong dengan tangan = $1,75 \emptyset$
- Untuk tepi dipotong dengan mesin = $1,50 \emptyset$
- Tepi profil bukan hasil potongan = $1,25 \emptyset$

Adapun untuk pemasangan dari masing-masing baut pada setiap section pada web plate jaraknya disesuaikan dengan jumlah baut tetaplah sama.



Keterangan:

\emptyset = diameter baut

S = jarak antar baut

S1 = jarak baut tepi ke tepi pelat yang terbebani

S2 = jarak baut tepi ke tepi pelat yang tidak terbebani

tp = tebal pelat tertipis dalam sambungan

Untuk baut dengan $\varnothing = 22$ mm dengan tebal pelat tertipis $t_p = 20$ mm

- $3 \varnothing \leq S \leq 15t_p$ atau 200 mm
 $66 \leq S \leq 300$ atau 200 mm
 S dipasang jarak = 100 mm
- $1,5\varnothing \leq S_1 \leq (4t_p + 100)$ atau 200 mm
 $33 \leq S_1 \leq 180$ atau 200
 S1 dipasang sejarak 100 mm
- $1,5\varnothing \leq S_2 \leq 12t_p$ atau 150 mm
 $33 \leq S_2 \leq 240$ atau 150
 S2 dipasang sejarak 100 mm

Kontrol pelat penyambung

Luas penampang brutto = $t_p \times h$

$$\begin{aligned} (A_b) &= 5 \times 405,1 \\ &= 2025,1 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Luas penampang netto = $A_b - (n \times d_l \times t_p)$

$$\begin{aligned} (A_{\text{nett}}) &= 2025,1 - (66 \times 2,4 \times 5) \\ &= 1233,5 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ru baut} &= n \times R_n \\ &= 66 \times 13016,82 \\ &= 859109,8 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ru plat} &= \varnothing \times A_{\text{nett}} \times f_u \\ &= 0,75 \times 1233,5 \times 5000 \\ &= 4625625 \text{ kg} \end{aligned}$$

Ru pelat > Ru bautOK!

- **Sambungan antar Bottom flange**

Spesifikasi untuk tegangan ijin bahan

Mutu baut A325

$$f_y = 585 \text{ Mpa}$$

$$f_{u_b} = 825 \text{ Mpa}$$

$$\varnothing = 22 \text{ mm}$$

$$d_l = 24 \text{ mm}$$

Mutu pelat baja BJ 50

$$f_y = 290 \text{ Mpa}$$

$$f_{u_p} = 500 \text{ Mpa}$$

$$t_p = 20 \text{ mm}$$

$$\text{Gaya gesek} = t_b \times h \times \sigma_{\text{terjadi}}$$

Untuk σ_{terjadi} yang digunakan adalah hasil kombinasi 1,3D + 1,8 6CT + 1,2W, yaitu 897,275 kg/cm²

$$\begin{aligned} \text{Gaya geser} &= 5,0 \times 200 \times 897,275 \\ &= 897275 \text{ kg} \end{aligned}$$

Rencana:

$$\text{Baut } \varnothing = 2,2 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} A_b &= \frac{1}{4} \times \pi \times \varnothing^2 \\ &= 3,7994 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_b &= (0,7 \times f_u) \times (0,75 \times A_b) \\ &= (0,7 \times 825 \times 10) \times (0,75 \times 3,7994) \\ &= 16456,15 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\text{Pelat sambung} = 8 \text{ cm}$$

Baut mutu tinggi tipe gesek

Koefisien gesek untuk bidang kontak dalam keadaan bersih, $\mu = 0,35$

Jumlah bidang geser, $m = 2$

Faktor reduksi kekuatan untuk lubang standar, $\phi = 1$

$$\begin{aligned} V_h &= 1,13 \times \mu \times m \times T_b \\ &= 1,13 \times 0,35 \times 2 \times 16456,15 \\ &= 13016,81564 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_d &= \phi \times V_h \\ &= 1,0 \times 13016,81564 \\ &= 13016,81564 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$n = \frac{Pu}{V_d} = \frac{897275}{13016,81564} = 68,93199$$

ambil untuk jumlah baut 70 buah

$$\begin{aligned} Pu &\leq n V_d \\ 897275,0 &\leq 70 \times 13016,81564 \\ 897275,0 &\leq 911177,0947 \text{OK!} \end{aligned}$$

Ketentuan jarak baut, disamping juga ditentukan oleh kekuatan dan penyampaian beban pada sambungan juga ditentukan dari segi pelaksanaan. Jarak baut dari as ke as dan jarak baut ke tepi pelat ditentukan pada peraturan LRFD.

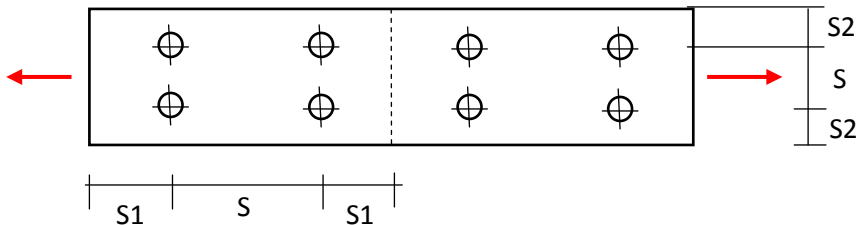
$$3\emptyset \leq S \leq 15 \text{ tp atau } 200 \text{ mm}$$

$$1,5\emptyset \leq S1 \leq (4\text{tp} + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$1,5\emptyset \leq S2 \leq 12\text{tp atau } 150 \text{ mm}$$

- Untuk tepi dipotong dengan tangan = $1,75 \emptyset$
- Untuk tepi dipotong dengan mesin = $1,50 \emptyset$
- Tepi profil bukan hasil potongan = $1,25 \emptyset$

Adapun untuk pemasangan dari masing-masing baut pada setiap section pada web plate jaraknya disesuaikan dengan jumlah baut tetaplah sama.



Keterangan:

\emptyset = diameter baut

S = jarak antar baut

- $S1$ = jarak baut tepi ke tepi pelat yang terbebani
 $S2$ = jarak baut tepi ke tepi pelat yang tidak terbebani
 tp = tebal pelat tertipis dalam sambungan

Untuk baut dengan $\emptyset = 22$ mm dengan tebal pelat tertipis $tp = 20$ mm

- $3\emptyset \leq S \leq 15tp$ atau 200 mm
 $66 \leq S \leq 300$ atau 200 mm
 S dipasang jarak = 100 mm
- $1,5\emptyset \leq S1 \leq (4tp + 100)$ atau 200 mm
 $33 \leq S1 \leq 180$ atau 200
 $S1$ dipasang sejarak 100 mm
- $1,5\emptyset \leq S2 \leq 12tp$ atau 150 mm
 $33 \leq S2 \leq 240$ atau 150
 $S2$ dipasang sejarak 100 mm

Kontrol pelat penyambung

Luas penampang brutto = $tp \times h$

$$(Ab) = 8 \times 200 = 1600 \text{ cm}$$

Luas penampang netto = $Ab - (n \times d1 \times tp)$

$$(A_{\text{nett}}) = 1000 - (70 \times 2,4 \times 5) = 256 \text{ cm}^2$$

Ru baut = $n \times Rn$

$$= 70 \times 13016,82 = 911177,1 \text{ kg}$$

Ru plat = $\emptyset \times A_{\text{nett}} \times fu$

$$= 0,75 \times 160 \times 5000 = 960000 \text{ kg}$$

Ru pelat > Ru bautOK!

6.4.4 Kontrol Tegangan dan Sambungan Section 4-4

Kontrol tegangan yang dicek adalah hasil kombinasi yang digunakan dengan dibandingkan dengan σ_{ijin} yang ada pada bahan yaitu BJ 50.

Tabel 6.5 Hasil tegangan dari output SAP2000

Kombinasi Ultimate	σ_{ijin}	$\sigma_{web\ plate}$		$\sigma_{bottom\ flange}$	
		S11	S22	S11	S22
1,3D	2900	202,766	170,311	350,963	477,983
1,3D + 1,8 3CT	2900	381,611	325,795	742,020	875,895
1,3D + 1,8 6CT	2900	391,713	335,159	759,791	897,275
1,3D + 1,8 3CT (1)	2900	308,392	265,567	589,152	704,035
1,3D + 1,8 6CT (1)	2900	313,156	270,488	597,865	715,755
1,3D + 1,8 3CT + 1,2 W	2900	381,611	325,795	742,020	875,895
1,3D + 1,8 6CT + 1,2 W	2900	391,713	335,159	759,791	897,275
1,3D + 1,8 3CT (1) + 1,2 W	2900	308,392	265,567	589,152	704,034
1,3D + 1,8 6CT (1) + 1,2 W	2900	313,156	270,488	597,865	715,755
1,3D + EQ X + 0,3EQ Y	2900	262,608	269,948	378,582	525,348
1,3D + 0,3EQ X + EQ Y	2900	408,629	412,600	437,816	840,615

Sumber: Hasil Pengolahan Data

- **Sambungan antar Web plate**

Spesifikasi untuk tegangan ijin bahan

Mutu baut A325

$f_y = 585 \text{ Mpa}$

$f_{u_b} = 825 \text{ Mpa}$

$\emptyset = 22 \text{ mm}$

$d_l = 24 \text{ mm}$

Mutu pelat baja BJ 50

$f_y = 290 \text{ Mpa}$

$f_{u_p} = 500 \text{ Mpa}$

$t_p = 20 \text{ mm}$

$$\text{Gaya gesek} = t_b \times h \times \sigma_{\text{terjadi}}$$

Untuk σ_{terjadi} yang digunakan adalah hasil kombinasi
 $1,3D + 1,8 \text{ 6CT} + 1,2W$, yaitu $412,6 \text{ kg/cm}^2$

$$\begin{aligned}\text{Gaya geser} &= 5,0 \times 329,7 \times 412,6 \\ &= 680171,1 \text{ kg}\end{aligned}$$

Rencana:

$$\begin{aligned}\text{Baut } \varnothing &= 2,2 \text{ cm} \\ \text{Ab} &= \frac{1}{4} \times \pi \times \varnothing^2 \\ &= 3,7994 \text{ cm}^2 \\ \text{Tb} &= (0,7 \times f_u) \times (0,75 \times \text{Ab}) \\ &= (0,7 \times 825 \times 10) \times (0,75 \times 3,7994) \\ &= 16456,15 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\text{Pelat sambung} = 5 \text{ cm}$$

Baut mutu tinggi tipe gesek

Koefisien gesek untuk bidang kontak dalam keadaan bersih, $\mu = 0,35$

Jumlah bidang geser, $m = 2$

Faktor reduksi kekuatan untuk lubang standar, $\phi = 1$

$$\begin{aligned}V_h &= 1,13 \times \mu \times m \times \text{Tb} \\ &= 1,13 \times 0,35 \times 2 \times 16456,15 \\ &= 13016,81564 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_d &= \phi \times V_h \\ &= 1,0 \times 13016,81564 \\ &= 13016,81564 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$n = \frac{Pu}{Vd} = \frac{68017,1}{13016,81564} = 52,25326$$

ambil untuk jumlah baut 54 buah

$$\begin{aligned}Pu &\leq n V_d \\ 68017,10 &\leq 54 \times 13016,81564\end{aligned}$$

$$68017,10 \leq 859109,8322 \text{OK!}$$

Ketentuan jarak baut, disamping juga ditentukan oleh kekuatan dan penyampaian beban pada sambungan juga ditentukan dari segi pelaksanaan. Jarak baut dari as ke as dan jarak baut ke tepi pelat ditentukan pada peraturan LRFD.

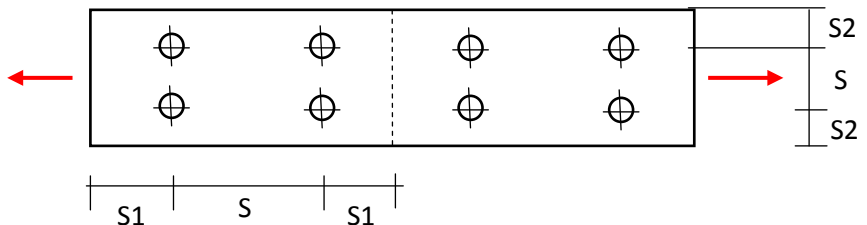
$$3\emptyset \leq S \leq 15 \text{ tp atau } 200 \text{ mm}$$

$$1,5\emptyset \leq S1 \leq (4\text{tp} + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$1,5\emptyset \leq S2 \leq 12\text{tp atau } 150 \text{ mm}$$

- Untuk tepi dipotong dengan tangan = $1,75 \emptyset$
- Untuk tepi dipotong dengan mesin = $1,50 \emptyset$
- Tepi profil bukan hasil potongan = $1,25 \emptyset$

Adapun untuk pemasangan dari masing-masing baut pada setiap section pada web plate jaraknya disesuaikan dengan jumlah baut tetaplah sama.



Keterangan:

\emptyset = diameter baut

S = jarak antar baut

S1 = jarak baut tepi ke tepi pelat yang terbebani

S2 = jarak baut tepi ke tepi pelat yang tidak terbebani

tp = tebal pelat tertipis dalam sambungan

Untuk baut dengan $\emptyset = 22$ mm dengan tebal pelat tertipis $tp = 20$ mm

- $3 \emptyset \leq S \leq 15tp$ atau 200 mm
 $66 \leq S \leq 300$ atau 200 mm
 S dipasang jarak = 100 mm
- $1,5\emptyset \leq S1 \leq (4tp + 100)$ atau 200 mm
 $33 \leq S1 \leq 180$ atau 200
 S1 dipasang sejarak 100 mm
- $1,5\emptyset \leq S2 \leq 12tp$ atau 150 mm
 $33 \leq S2 \leq 240$ atau 150
 S2 dipasang sejarak 100 mm

Kontrol pelat penyambung

Luas penampang brutto = $tp \times h$

$$(Ab) = 5 \times 405,1 \\ = 1648,5 \text{ cm}^2$$

Luas penampang netto = $Ab - (n \times d1 \times tp)$

$$(A_{\text{nett}}) = 1648,5 - (54 \times 2,4 \times 5) \\ = 1000,5 \text{ cm}^2$$

$$\text{Ru baut} = n \times Rn \\ = 54 \times 13016,82 \\ = 702908 \text{ kg}$$

$$\text{Ru plat} = \emptyset \times A_{\text{nett}} \times fu \\ = 0,75 \times 1233,5 \times 5000 \\ = 3751875 \text{ kg}$$

Ru pelat > Ru bautOK!

• **Sambungan antar Bottom flange**

Spesifikasi untuk tegangan ijin bahan

Mutu baut A325

$$fy = 585 \text{ Mpa}$$

$$fu_b = 825 \text{ Mpa}$$

$$\emptyset = 22 \text{ mm}$$

$$d1 = 24 \text{ mm}$$

Mutu pelat baja BJ 50

$$f_y = 290 \text{ Mpa}$$

$$f_{u_p} = 500 \text{ Mpa}$$

$$t_p = 20 \text{ mm}$$

$$\text{Gaya gesek} = t_b \times h \times \sigma_{\text{terjadi}}$$

Untuk σ_{terjadi} yang digunakan adalah hasil kombinasi 1,3D + 1,8 6CT + 1,2W, yaitu $897,275 \text{ kg/cm}^2$

$$\begin{aligned} \text{Gaya geser} &= 5,0 \times 200 \times 897,275 \\ &= 897275 \text{ kg} \end{aligned}$$

Rencana:

$$\text{Baut } \varnothing = 2,2 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} A_b &= \frac{1}{4} \times \pi \times \varnothing^2 \\ &= 3,7994 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_b &= (0,7 \times f_u) \times (0,75 \times A_b) \\ &= (0,7 \times 825 \times 10) \times (0,75 \times 3,7994) \\ &= 16456,15 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\text{Pelat sambung} = 8 \text{ cm}$$

Baut mutu tinggi tipe gesek

Koefisien gesek untuk bidang kontak dalam keadaan bersih, $\mu = 0,35$

Jumlah bidang geser, $m = 2$

Faktor reduksi kekuatan untuk lubang standar, $\phi = 1$

$$\begin{aligned} V_h &= 1,13 \times \mu \times m \times T_b \\ &= 1,13 \times 0,35 \times 2 \times 16456,15 \\ &= 13016,81564 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_d &= \phi \times V_h \\ &= 1,0 \times 13016,81564 \\ &= 13016,81564 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$n = \frac{Pu}{V_d} = \frac{897275}{13016,81564} = 68,93199$$

ambil untuk jumlah baut 70 buah

$$\begin{aligned} Pu &\leq n V_d \\ 897275,0 &\leq 70 \times 13016,81564 \\ 897275,0 &\leq 911177,0947 \text{OK!} \end{aligned}$$

Ketentuan jarak baut, disamping juga ditentukan oleh kekuatan dan penyampaian beban pada sambungan juga ditentukan dari segi pelaksanaan. Jarak baut dari as ke as dan jarak baut ke tepi pelat ditentukan pada peraturan LRFD.

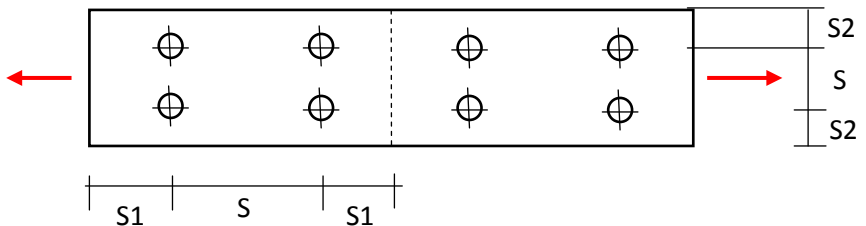
$$3\emptyset \leq S \leq 15 \text{ tp atau } 200 \text{ mm}$$

$$1,5\emptyset \leq S1 \leq (4\text{tp} + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$1,5\emptyset \leq S2 \leq 12\text{tp atau } 150 \text{ mm}$$

- Untuk tepi dipotong dengan tangan = $1,75 \emptyset$
- Untuk tepi dipotong dengan mesin = $1,50 \emptyset$
- Tepi profil bukan hasil potongan = $1,25 \emptyset$

Adapun untuk pemasangan dari masing-masing baut pada setiap section pada web plate jaraknya disesuaikan dengan jumlah baut tetaplah sama.



Keterangan:

\emptyset = diameter baut

S = jarak antar baut

- $S1$ = jarak baut tepi ke tepi pelat yang terbebani
 $S2$ = jarak baut tepi ke tepi pelat yang tidak terbebani
 tp = tebal pelat tertipis dalam sambungan

Untuk baut dengan $\emptyset = 22$ mm dengan tebal pelat tertipis $tp = 20$ mm

- $3\emptyset \leq S \leq 15tp$ atau 200 mm
 $66 \leq S \leq 300$ atau 200 mm
 S dipasang jarak = 100 mm
- $1,5\emptyset \leq S1 \leq (4tp + 100)$ atau 200 mm
 $33 \leq S1 \leq 180$ atau 200
 $S1$ dipasang sejarak 100 mm
- $1,5\emptyset \leq S2 \leq 12tp$ atau 150 mm
 $33 \leq S2 \leq 240$ atau 150
 $S2$ dipasang sejarak 100 mm

Kontrol pelat penyambung

Luas penampang brutto = $tp \times h$

$$(Ab) = 8 \times 200 = 1600 \text{ cm}$$

Luas penampang netto = $Ab - (n \times d1 \times tp)$

$$(A_{\text{nett}}) = 1000 - (70 \times 2,4 \times 5) = 256 \text{ cm}^2$$

Ru baut = $n \times Rn$

$$= 70 \times 13016,82 = 911177,1 \text{ kg}$$

Ru plat = $\emptyset \times A_{\text{nett}} \times fu$

$$= 0,75 \times 160 \times 5000 = 960000 \text{ kg}$$

Ru pelat > Ru bautOK!

6.4.5 Kontrol Tegangan dan Sambungan Section 5-5

Kontrol tegangan yang dicek adalah hasil kombinasi yang digunakan dengan dibandingkan dengan σ_{ijin} yang ada pada bahan yaitu BJ 50.

Tabel 6.6 Hasil tegangan dari output SAP2000

Kombinasi Ultimate	σ_{ijin}	$\sigma_{web\ plate}$		$\sigma_{bottom\ flange}$	
		S11	S22	S11	S22
1,3D	2900	202,766	170,311	350,963	477,983
1,3D + 1,8 3CT	2900	381,611	325,795	742,020	875,895
1,3D + 1,8 6CT	2900	391,713	335,159	759,791	897,275
1,3D + 1,8 3CT (1)	2900	308,392	265,567	589,152	704,035
1,3D + 1,8 6CT (1)	2900	313,156	270,488	597,865	715,755
1,3D + 1,8 3CT + 1,2 W	2900	381,611	325,795	742,020	875,895
1,3D + 1,8 6CT + 1,2 W	2900	391,713	335,159	759,791	897,275
1,3D + 1,8 3CT (1) + 1,2 W	2900	308,392	265,567	589,152	704,034
1,3D + 1,8 6CT (1) + 1,2 W	2900	313,156	270,488	597,865	715,755
1,3D + EQ X + 0,3EQ Y	2900	262,608	269,948	378,582	525,348
1,3D + 0,3EQ X + EQ Y	2900	408,629	412,600	437,816	840,615

Sumber: Hasil Pengolahan Data

- **Sambungan antar Web plate**

Spesifikasi untuk tegangan ijin bahan

Mutu baut A325

$f_y = 585 \text{ Mpa}$

$f_{u_b} = 825 \text{ Mpa}$

$\emptyset = 22 \text{ mm}$

$d_l = 24 \text{ mm}$

Mutu pelat baja BJ 50

$f_y = 290 \text{ Mpa}$

$f_{u_p} = 500 \text{ Mpa}$

$t_p = 20 \text{ mm}$

$$\text{Gaya gesek} = t_b \times h \times \sigma_{\text{terjadi}}$$

Untuk σ_{terjadi} yang digunakan adalah hasil kombinasi
 $1,3D + 1,8 \text{ 6CT} + 1,2W$, yaitu $412,6 \text{ kg/cm}^2$

$$\begin{aligned}\text{Gaya geser} &= 5,0 \times 294,7 \times 412,6 \\ &= 607966,1 \text{ kg}\end{aligned}$$

Rencana:

$$\begin{aligned}\text{Baut } \varnothing &= 2,2 \text{ cm} \\ \text{Ab} &= \frac{1}{4} \times \pi \times \varnothing^2 \\ &= 3,7994 \text{ cm}^2 \\ \text{Tb} &= (0,7 \times f_u) \times (0,75 \times \text{Ab}) \\ &= (0,7 \times 825 \times 10) \times (0,75 \times 3,7994) \\ &= 16456,15 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\text{Pelat sambung} = 5 \text{ cm}$$

Baut mutu tinggi tipe gesek

Koefisien gesek untuk bidang kontak dalam keadaan bersih, $\mu = 0,35$

Jumlah bidang geser, $m = 2$

Faktor reduksi kekuatan untuk lubang standar, $\phi = 1$

$$\begin{aligned}V_h &= 1,13 \times \mu \times m \times \text{Tb} \\ &= 1,13 \times 0,35 \times 2 \times 16456,15 \\ &= 13016,81564 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_d &= \phi \times V_h \\ &= 1,0 \times 13016,81564 \\ &= 13016,81564 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$n = \frac{Pu}{Vd} = \frac{607966,1}{13016,81564} = 46,70621$$

ambil untuk jumlah baut 48 buah

$$\begin{aligned}Pu &\leq n V_d \\ 607966,1 &\leq 48 \times 13016,81564\end{aligned}$$

$$607966,1 \leq 624807,1507 \text{OK!}$$

Ketentuan jarak baut, disamping juga ditentukan oleh kekuatan dan penyampaian beban pada sambungan juga ditentukan dari segi pelaksanaan. Jarak baut dari as ke as dan jarak baut ke tepi pelat ditentukan pada peraturan LRFD.

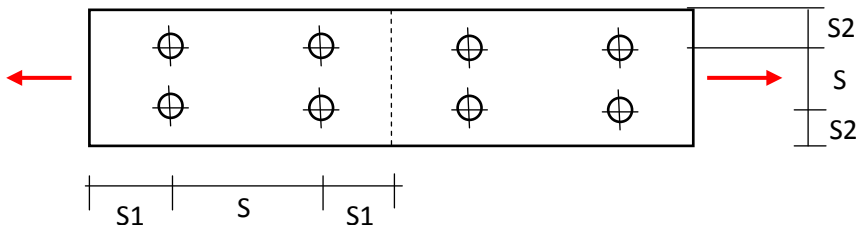
$$3\emptyset \leq S \leq 15 \text{ tp atau } 200 \text{ mm}$$

$$1,5\emptyset \leq S1 \leq (4\text{tp} + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$1,5\emptyset \leq S2 \leq 12\text{tp atau } 150 \text{ mm}$$

- Untuk tepi dipotong dengan tangan = $1,75 \emptyset$
- Untuk tepi dipotong dengan mesin = $1,50 \emptyset$
- Tepi profil bukan hasil potongan = $1,25 \emptyset$

Adapun untuk pemasangan dari masing-masing baut pada setiap section pada web plate jaraknya disesuaikan dengan jumlah baut tetaplah sama.



Keterangan:

\emptyset = diameter baut

S = jarak antar baut

S1 = jarak baut tepi ke tepi pelat yang terbebani

S2 = jarak baut tepi ke tepi pelat yang tidak terbebani

tp = tebal pelat tertipis dalam sambungan

Untuk baut dengan $\varnothing = 22$ mm dengan tebal pelat tertipis $tp = 20$ mm

- $3 \varnothing \leq S \leq 15tp$ atau 200 mm
 $66 \leq S \leq 300$ atau 200 mm
 S dipasang jarak = 100 mm
- $1,5\varnothing \leq S1 \leq (4tp + 100)$ atau 200 mm
 $33 \leq S1 \leq 180$ atau 200
 S1 dipasang sejarak 100 mm
- $1,5\varnothing \leq S2 \leq 12tp$ atau 150 mm
 $33 \leq S2 \leq 240$ atau 150
 S2 dipasang sejarak 100 mm

Kontrol pelat penyambung

Luas penampang brutto = $tp \times h$

$$(A_b) = 5 \times 294,7 \\ = 1473,5 \text{ cm}^2$$

Luas penampang netto = $Ab - (n \times d1 \times tp)$

$$(A_{\text{nett}}) = 1473,5 - (48 \times 2,4 \times 5) \\ = 897,5 \text{ cm}^2$$

$$\text{Ru baut} = n \times R_n \\ = 48 \times 13016,82 \\ = 624807,2 \text{ kg}$$

$$\text{Ru plat} = \varnothing \times A_{\text{nett}} \times f_u \\ = 0,75 \times 897,5 \times 5000 \\ = 3365625 \text{ kg}$$

Ru pelat > Ru bautOK!

• **Sambungan antar Bottom flange**

Spesifikasi untuk tegangan ijin bahan

Mutu baut A325

$$f_y = 585 \text{ Mpa}$$

$$f_{u_b} = 825 \text{ Mpa}$$

$$\varnothing = 22 \text{ mm}$$

$$d1 = 24 \text{ mm}$$

Mutu pelat baja BJ 50

$$f_y = 290 \text{ Mpa}$$

$$f_{u_p} = 500 \text{ Mpa}$$

$$t_p = 20 \text{ mm}$$

$$\text{Gaya gesek} = t_b \times h \times \sigma_{\text{terjadi}}$$

Untuk σ_{terjadi} yang digunakan adalah hasil kombinasi 1,3D + 1,8 6CT + 1,2W, yaitu 897,275 kg/cm²

$$\begin{aligned} \text{Gaya geser} &= 5,0 \times 200 \times 897,275 \\ &= 897275 \text{ kg} \end{aligned}$$

Rencana:

$$\text{Baut } \varnothing = 2,2 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} A_b &= \frac{1}{4} \times \pi \times \varnothing^2 \\ &= 3,7994 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_b &= (0,7 \times f_u) \times (0,75 \times A_b) \\ &= (0,7 \times 825 \times 10) \times (0,75 \times 3,7994) \\ &= 16456,15 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\text{Pelat sambung} = 8 \text{ cm}$$

Baut mutu tinggi tipe gesek

Koefisien gesek untuk bidang kontak dalam keadaan bersih, $\mu = 0,35$

Jumlah bidang geser, $m = 2$

Faktor reduksi kekuatan untuk lubang standar, $\phi = 1$

$$\begin{aligned} V_h &= 1,13 \times \mu \times m \times T_b \\ &= 1,13 \times 0,35 \times 2 \times 16456,15 \\ &= 13016,81564 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_d &= \phi \times V_h \\ &= 1,0 \times 13016,81564 \\ &= 13016,81564 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$n = \frac{Pu}{V_d} = \frac{897275}{13016,81564} = 68,93199$$

ambil untuk jumlah baut 70 buah

$$\begin{aligned} Pu &\leq n V_d \\ 897275,0 &\leq 70 \times 13016,81564 \\ 897275,0 &\leq 911177,0947 \text{OK!} \end{aligned}$$

Ketentuan jarak baut, disamping juga ditentukan oleh kekuatan dan penyampaian beban pada sambungan juga ditentukan dari segi pelaksanaan. Jarak baut dari as ke as dan jarak baut ke tepi pelat ditentukan pada peraturan LRFD.

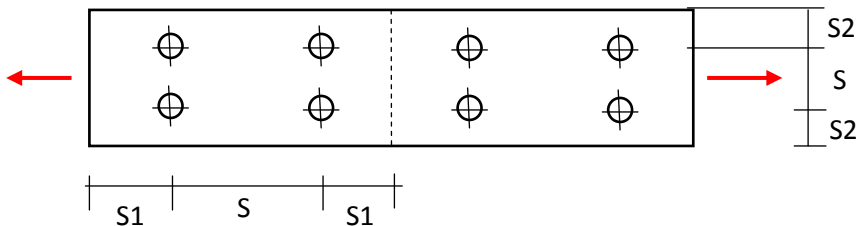
$$3\emptyset \leq S \leq 15 \text{ tp atau } 200 \text{ mm}$$

$$1,5\emptyset \leq S1 \leq (4\text{tp} + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$1,5\emptyset \leq S2 \leq 12\text{tp atau } 150 \text{ mm}$$

- Untuk tepi dipotong dengan tangan = $1,75 \emptyset$
- Untuk tepi dipotong dengan mesin = $1,50 \emptyset$
- Tepi profil bukan hasil potongan = $1,25 \emptyset$

Adapun untuk pemasangan dari masing-masing baut pada setiap section pada web plate jaraknya disesuaikan dengan jumlah baut tetaplah sama.



Keterangan:

\emptyset = diameter baut

S = jarak antar baut

- $S1$ = jarak baut tepi ke tepi pelat yang terbebani
 $S2$ = jarak baut tepi ke tepi pelat yang tidak terbebani
 tp = tebal pelat tertipis dalam sambungan

Untuk baut dengan $\emptyset = 22$ mm dengan tebal pelat tertipis $tp = 20$ mm

- $3 \emptyset \leq S \leq 15tp$ atau 200 mm
 $66 \leq S \leq 300$ atau 200 mm
 S dipasang jarak = 100 mm
- $1,5\emptyset \leq S1 \leq (4tp + 100)$ atau 200 mm
 $33 \leq S1 \leq 180$ atau 200
 S1 dipasang sejarak 100 mm
- $1,5\emptyset \leq S2 \leq 12tp$ atau 150 mm
 $33 \leq S2 \leq 240$ atau 150
 S2 dipasang sejarak 100 mm

Kontrol pelat penyambung

Luas penampang brutto = $tp \times h$

$$(Ab) = 8 \times 200 = 1600 \text{ cm}$$

Luas penampang netto = $Ab - (n \times d1 \times tp)$

$$(A_{\text{nett}}) = 1000 - (70 \times 2,4 \times 5) = 256 \text{ cm}^2$$

Ru baut = $n \times Rn$

$$= 70 \times 13016,82 = 911177,1 \text{ kg}$$

Ru plat = $\emptyset \times A_{\text{nett}} \times fu$

$$= 0,75 \times 160 \times 5000 = 960000 \text{ kg}$$

Ru pelat > Ru bautOK!

6.4.6 Kontrol Tegangan dan Sambungan Section 6-6

Kontrol tegangan yang dicek adalah hasil kombinasi yang digunakan dengan dibandingkan dengan σ_{ijin} yang ada pada bahan yaitu BJ 50.

Tabel 6.7 Hasil tegangan dari output SAP2000

Kombinasi Ultimate	σ_{ijin}	$\sigma_{web\ plate}$		$\sigma_{bottom\ flange}$	
		S11	S22	S11	S22
1,3D	2900	202,766	170,311	350,963	477,983
1,3D + 1,8 3CT	2900	381,611	325,795	742,020	875,895
1,3D + 1,8 6CT	2900	391,713	335,159	759,791	897,275
1,3D + 1,8 3CT (1)	2900	308,392	265,567	589,152	704,035
1,3D + 1,8 6CT (1)	2900	313,156	270,488	597,865	715,755
1,3D + 1,8 3CT + 1,2 W	2900	381,611	325,795	742,020	875,895
1,3D + 1,8 6CT + 1,2 W	2900	391,713	335,159	759,791	897,275
1,3D + 1,8 3CT (1) + 1,2 W	2900	308,392	265,567	589,152	704,034
1,3D + 1,8 6CT (1) + 1,2 W	2900	313,156	270,488	597,865	715,755
1,3D + EQ X + 0,3EQ Y	2900	262,608	269,948	378,582	525,348
1,3D + 0,3EQ X + EQ Y	2900	408,629	412,600	437,816	840,615

Sumber: Hasil Pengolahan Data

- **Sambungan antar Web plate**

Spesifikasi untuk tegangan ijin bahan

Mutu baut A325

$f_y = 585 \text{ Mpa}$

$f_{u_b} = 825 \text{ Mpa}$

$\emptyset = 22 \text{ mm}$

$d_l = 24 \text{ mm}$

Mutu pelat baja BJ 50

$f_y = 290 \text{ Mpa}$

$f_{u_p} = 500 \text{ Mpa}$

$t_p = 20 \text{ mm}$

$$\text{Gaya gesek} = t_b \times h \times \sigma_{\text{terjadi}}$$

Untuk σ_{terjadi} yang digunakan adalah hasil kombinasi
 $1,3D + 1,8 \text{ 6CT} + 1,2W$, yaitu $412,6 \text{ kg/cm}^2$

$$\begin{aligned}\text{Gaya geser} &= 5,0 \times 300,0 \times 412,6 \\ &= 618900 \text{ kg}\end{aligned}$$

Rencana:

$$\begin{aligned}\text{Baut } \varnothing &= 2,2 \text{ cm} \\ \text{Ab} &= \frac{1}{4} \times \pi \times \varnothing^2 \\ &= 3,7994 \text{ cm}^2 \\ \text{Tb} &= (0,7 \times f_u) \times (0,75 \times \text{Ab}) \\ &= (0,7 \times 825 \times 10) \times (0,75 \times 3,7994) \\ &= 16456,15 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\text{Pelat sambung} = 5 \text{ cm}$$

Baut mutu tinggi tipe gesek

Koefisien gesek untuk bidang kontak dalam keadaan bersih, $\mu = 0,35$

Jumlah bidang geser, $m = 2$

Faktor reduksi kekuatan untuk lubang standar, $\phi = 1$

$$\begin{aligned}V_h &= 1,13 \times \mu \times m \times \text{Tb} \\ &= 1,13 \times 0,35 \times 2 \times 16456,15 \\ &= 13016,81564 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_d &= \phi \times V_h \\ &= 1,0 \times 13016,81564 \\ &= 13016,81564 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$n = \frac{Pu}{Vd} = \frac{618900,0}{13016,81564} = 47,54619$$

ambil untuk jumlah baut 48 buah

$$\begin{aligned}Pu &\leq n V_d \\ 618900,0 &\leq 48 \times 13016,81564\end{aligned}$$

$$618900,0 \leq 624807,1507 \text{OK!}$$

Ketentuan jarak baut, disamping juga ditentukan oleh kekuatan dan penyampaian beban pada sambungan juga ditentukan dari segi pelaksanaan. Jarak baut dari as ke as dan jarak baut ke tepi pelat ditentukan pada peraturan LRFD.

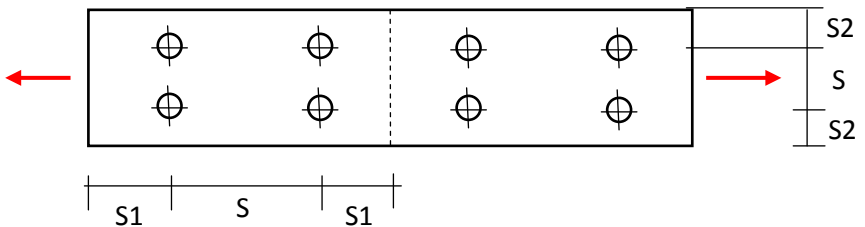
$$3\emptyset \leq S \leq 15 \text{ tp atau } 200 \text{ mm}$$

$$1,5\emptyset \leq S1 \leq (4\text{tp} + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$1,5\emptyset \leq S2 \leq 12\text{tp atau } 150 \text{ mm}$$

- Untuk tepi dipotong dengan tangan = $1,75 \emptyset$
- Untuk tepi dipotong dengan mesin = $1,50 \emptyset$
- Tepi profil bukan hasil potongan = $1,25 \emptyset$

Adapun untuk pemasangan dari masing-masing baut pada setiap section pada web plate jaraknya disesuaikan dengan jumlah baut tetaplah sama.



Keterangan:

\emptyset = diameter baut

S = jarak antar baut

S1 = jarak baut tepi ke tepi pelat yang terbebani

S2 = jarak baut tepi ke tepi pelat yang tidak terbebani

tp = tebal pelat tertipis dalam sambungan

Untuk baut dengan $\varnothing = 22$ mm dengan tebal pelat tertipis $t_p = 20$ mm

- $3 \varnothing \leq S \leq 15t_p$ atau 200 mm
 $66 \leq S \leq 300$ atau 200 mm
 S dipasang jarak = 100 mm
- $1,5\varnothing \leq S_1 \leq (4t_p + 100)$ atau 200 mm
 $33 \leq S_1 \leq 180$ atau 200
 S1 dipasang sejarak 100 mm
- $1,5\varnothing \leq S_2 \leq 12t_p$ atau 150 mm
 $33 \leq S_2 \leq 240$ atau 150
 S2 dipasang sejarak 100 mm

Kontrol pelat penyambung

Luas penampang brutto = $t_p \times h$

$$(A_b) = 5 \times 300 = 1500 \text{ cm}^2$$

Luas penampang netto = $A_b - (n \times d_l \times t_p)$

$$(A_{\text{nett}}) = 1500 - (48 \times 2,4 \times 5) = 924 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Ru baut} &= n \times R_n \\ &= 48 \times 13016,82 \\ &= 624807,2 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ru plat} &= \varnothing \times A_{\text{nett}} \times f_u \\ &= 0,75 \times 924 \times 5000 \\ &= 3465000 \text{ kg} \end{aligned}$$

Ru pelat > Ru bautOK!

• **Sambungan antar Bottom flange**

Spesifikasi untuk tegangan ijin bahan

Mutu baut A325

$$f_y = 585 \text{ Mpa}$$

$$f_{u_b} = 825 \text{ Mpa}$$

$$\varnothing = 22 \text{ mm}$$

$$d_l = 24 \text{ mm}$$

Mutu pelat baja BJ 50

$$f_y = 290 \text{ Mpa}$$

$$f_{u_p} = 500 \text{ Mpa}$$

$$t_p = 20 \text{ mm}$$

$$\text{Gaya gesek} = t_b \times h \times \sigma_{\text{terjadi}}$$

Untuk σ_{terjadi} yang digunakan adalah hasil kombinasi 1,3D + 1,8 6CT + 1,2W, yaitu $897,275 \text{ kg/cm}^2$

$$\begin{aligned} \text{Gaya geser} &= 5,0 \times 200 \times 897,275 \\ &= 897275 \text{ kg} \end{aligned}$$

Rencana:

$$\text{Baut } \varnothing = 2,2 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} A_b &= \frac{1}{4} \times \pi \times \varnothing^2 \\ &= 3,7994 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_b &= (0,7 \times f_u) \times (0,75 \times A_b) \\ &= (0,7 \times 825 \times 10) \times (0,75 \times 3,7994) \\ &= 16456,15 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\text{Pelat sambung} = 8 \text{ cm}$$

Baut mutu tinggi tipe gesek

Koefisien gesek untuk bidang kontak dalam keadaan bersih, $\mu = 0,35$

Jumlah bidang geser, $m = 2$

Faktor reduksi kekuatan untuk lubang standar, $\phi = 1$

$$\begin{aligned} V_h &= 1,13 \times \mu \times m \times T_b \\ &= 1,13 \times 0,35 \times 2 \times 16456,15 \\ &= 13016,81564 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_d &= \phi \times V_h \\ &= 1,0 \times 13016,81564 \\ &= 13016,81564 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$n = \frac{Pu}{V_d} = \frac{897275}{13016,81564} = 68,93199$$

ambil untuk jumlah baut 70 buah

$$\begin{array}{ll} Pu & \leq n V_d \\ 897275,0 & \leq 70 \times 13016,81564 \\ 897275,0 & \leq 911177,0947 \text{OK!} \end{array}$$

Ketentuan jarak baut, disamping juga ditentukan oleh kekuatan dan penyampaian beban pada sambungan juga ditentukan dari segi pelaksanaan. Jarak baut dari as ke as dan jarak baut ke tepi pelat ditentukan pada peraturan LRFD.

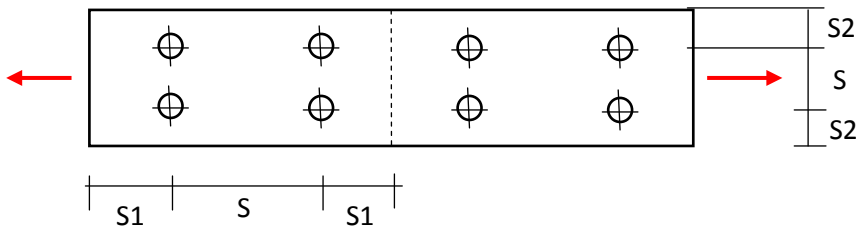
$$3\emptyset \leq S \leq 15 \text{ tp atau } 200 \text{ mm}$$

$$1,5\emptyset \leq S1 \leq (4\text{tp} + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$1,5\emptyset \leq S2 \leq 12\text{tp atau } 150 \text{ mm}$$

- Untuk tepi dipotong dengan tangan = $1,75 \emptyset$
- Untuk tepi dipotong dengan mesin = $1,50 \emptyset$
- Tepi profil bukan hasil potongan = $1,25 \emptyset$

Adapun untuk pemasangan dari masing-masing baut pada setiap section pada web plate jaraknya disesuaikan dengan jumlah baut tetaplah sama.



Keterangan:

\emptyset = diameter baut

S = jarak antar baut

- $S1$ = jarak baut tepi ke tepi pelat yang terbebani
 $S2$ = jarak baut tepi ke tepi pelat yang tidak terbebani
 tp = tebal pelat tertipis dalam sambungan

Untuk baut dengan $\emptyset = 22$ mm dengan tebal pelat tertipis $tp = 20$ mm

- $3\emptyset \leq S \leq 15tp$ atau 200 mm
 $66 \leq S \leq 300$ atau 200 mm
 S dipasang jarak = 100 mm
- $1,5\emptyset \leq S1 \leq (4tp + 100)$ atau 200 mm
 $33 \leq S1 \leq 180$ atau 200
 $S1$ dipasang sejarak 100 mm
- $1,5\emptyset \leq S2 \leq 12tp$ atau 150 mm
 $33 \leq S2 \leq 240$ atau 150
 $S2$ dipasang sejarak 100 mm

Kontrol pelat penyambung

Luas penampang brutto = $tp \times h$

$$(Ab) = 8 \times 200 = 1600 \text{ cm}$$

Luas penampang netto = $Ab - (n \times d1 \times tp)$

$$(A_{\text{nett}}) = 1000 - (70 \times 2,4 \times 5) = 256 \text{ cm}^2$$

Ru baut = $n \times Rn$

$$= 70 \times 13016,82 = 911177,1 \text{ kg}$$

Ru plat = $\emptyset \times A_{\text{nett}} \times fu$

$$= 0,75 \times 160 \times 5000 = 960000 \text{ kg}$$

Ru pelat > Ru bautOK!

6.5 Sambungan *Stiffner* pada *Steel-Concrete Composite Box Girder Bridges*

6.5.1 Sambungan Las pada *Transverse Stiffner*

Transverse Stiffner pada *steel-concrete composite box girder bridges* direncanakan dengan jarak 2400 mm. Adapun untuk sambungan pada *stiffner* direncanakan dengan las. Adapun dari macam-macam las yang sering ditemui.

1. Sambungan sebidang (Butt joint), sambungan ini umumnya dipakai untuk pelat-pelat datar dengan ketebalan sama atau hampir sama, keuntungan sambungan ini adalah tak adanya eksentrisitas. Ujung-ujung yang hendak disambung harus dipersiapkan terlebih dahulu (diratakan atau dimiringkan) dan elemen yang disambung harus dipertemukan secara hati-hati.
2. Sambungan lewatan (lap joint), jenis sambungan ini paling banyak dijumpai karena sambungan ini mudah disesuaikan keadaan di lapangan dan juga penyambungannya relatif lebih mudah. Juga cocok untuk tebal pelat yang berlainan.
3. Sambungan tegak (tee joint), sambungan ini banyak dipakai terutama untuk membuat penampang tersusun seperti bentuk I, pelat girder, dan *stiffner*.
4. Sambungan sudut (corner joint), dipakai untuk penampang tersusun berbentuk kotak yang digunakan untuk kolom atau balok yang menerima pembebanan torsi yang besar.
5. Sambungan sisi (edge joint), sambungan ini bukan jenis struktural dan digunakan untuk menjaga agar dua atau lebih pelat tidak bergeser satu dengan yang lainnya.

6.5.1.1 Transverse Stiffner 1

Persyaratan ukuran las:

$$\text{Maksimum} = 20 - 1,6 = 18,4 \text{ mm}$$

$$\text{Minimum} = 6 \text{ mm}$$

Gunakan ukuran las 12 mm

$$t_e = 0,707 \times 12 = 8,484 \text{ mm}$$

Kuat rencana las sudut ukuran 12 mm per mm panjang:

$$\begin{aligned} \phi \cdot R_{nw} &= \phi \times 0,6 \times t_e \times f_{uw} \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 8,484 \times 490 = 1870,72 \\ &\text{N/mm} \end{aligned}$$

Dan kapasitas las ini tidak boleh melebihi kuat runtuh geser pelat:

$$\begin{aligned} \phi \cdot R_{nw} &= \phi \times 0,6 \times t_e \times f_{uw} \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 20 \times 490 = 4500,00 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

Tabel 6.8 Hasil tegangan dari output SAP2000

Kombinasi Ultimate	σ_{ijin}	$\sigma_{web \text{ plate}}$	
		S11	S22
1,3D	2900	122,253	510,622
1,3D + 1,8 3CT	2900	209,588	520,737
1,3D + 1,8 6CT	2900	221,801	551,932
1,3D + 1,8 3CT (1)	2900	183,083	508,386
1,3D + 1,8 6CT (1)	2900	192,146	508,386
1,3D + 1,8 3CT + 1,2 W	2900	209,588	520,737
1,3D + 1,8 6CT + 1,2 W	2900	221,801	551,932
1,3D + 1,8 3CT (1) + 1,2 W	2900	183,083	508,386
1,3D + 1,8 6CT (1) + 1,2 W	2900	192,147	508,386
1,3D + EQ X + 0,3EQ Y	2900	195,292	663,172

$1,3D + 0,3EQ X + EQ Y$	2900	163,077	513,938
-------------------------	------	---------	---------

Sumber: Hasil Pengolahan Data

Dari hasil kontrol tegangan yang dicek adalah hasil kombinasi yang digunakan dengan dibandingkan dengan σ_{ijin} yang ada pada bahan yaitu BJ 50 didapat untuk gaya tarik terfaktor adalah $663,172 \text{ kg/cm}^2$

$$\begin{aligned} P &= 663,172 \times 325,0 \times 2,0 \\ &= 431061,8 \text{ kg} \end{aligned}$$

Panjang total las yang dibutuhkan, L_w :

$$L_w = \frac{431061,8}{1870,722} = 2304,254 \text{ mm}$$

6.5.1.2 Transverse Stiffner 2

Persyaratan ukuran las:

$$\text{Maksimum} = 20 - 1,6 = 48,4 \text{ mm}$$

$$\text{Minimum} = 6 \text{ mm}$$

Gunakan ukuran las 12 mm

$$t_e = 0,707 \times 12 = 8,484 \text{ mm}$$

Kuat rencana las sudut ukuran 12 mm per mm panjang:

$$\begin{aligned} \phi.R_{nw} &= \phi \times 0,6 \times t_e \times f_{uw} \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 8,484 \times 490 = 1870,72 \\ &\text{N/mm} \end{aligned}$$

Dan kapasitas las ini tidak boleh melebihi kuat runtuh geser pelat:

$$\begin{aligned} \phi.R_{nw} &= \phi \times 0,6 \times t_e \times f_{uw} \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 20 \times 490 = 4500,00 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

Tabel 6.9 Hasil tegangan dari output SAP2000

Kombinasi Ultimate	σ_{ijin}	$\sigma_{web\ plate}$	
		S11	S22
1,3D	2900	122,253	510,622
1,3D + 1,8 3CT	2900	209,588	520,737
1,3D + 1,8 6CT	2900	221,801	551,932
1,3D + 1,8 3CT (1)	2900	183,083	508,386
1,3D + 1,8 6CT (1)	2900	192,146	508,386
1,3D + 1,8 3CT + 1,2 W	2900	209,588	520,737
1,3D + 1,8 6CT + 1,2 W	2900	221,801	551,932
1,3D + 1,8 3CT (1) + 1,2 W	2900	183,083	508,386
1,3D + 1,8 6CT (1) + 1,2 W	2900	192,147	508,386
1,3D + EQ X + 0,3EQ Y	2900	195,292	663,172
1,3D + 0,3EQ X + EQ Y	2900	163,077	513,938

Sumber: Hasil Pengolahan Data

Dari hasil kontrol tegangan yang dicek adalah hasil kombinasi yang digunakan dengan dibandingkan dengan σ_{ijin} yang ada pada bahan yaitu BJ 50 didapat untuk gaya tarik terfaktor adalah $663,172 \text{ kg/cm}^2$

$$\begin{aligned}
 P &= 663,172 \times 350,0 \times 2,0 \\
 &= 464220,4 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Panjang total las yang dibutuhkan, L_w :

$$L_w = \frac{464220,4}{1870,722} = 2481,504 \text{ mm}$$

6.5.1.3 Transverse Stiffner 3

Persyaratan ukuran las:

$$\text{Maksimum} = 20 - 1,6 = 18,4 \text{ mm}$$

$$\text{Minimum} = 6 \text{ mm}$$

Gunakan ukuran las 12 mm

$$t_e = 0,707 \times 12 = 8,484 \text{ mm}$$

Kuat rencana las sudut ukuran 12 mm per mm panjang:

$$\begin{aligned} \phi \cdot R_{nw} &= \phi \times 0,6 \times t_e \times f_{uw} \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 8,484 \times 490 = 1870,72 \end{aligned}$$

N/mm

Dan kapasitas las ini tidak boleh melebihi kuat runtuh geser pelat:

$$\begin{aligned} \phi \cdot R_{nw} &= \phi \times 0,6 \times t_e \times f_{uw} \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 20 \times 490 = 4500,00 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

Tabel 6.10 Hasil tegangan dari output SAP2000

Kombinasi Ultimate	σ_{ijin}	$\sigma_{web \text{ plate}}$	
		S11	S22
1,3D	2900	122,253	510,622
1,3D + 1,8 3CT	2900	209,588	520,737
1,3D + 1,8 6CT	2900	221,801	551,932
1,3D + 1,8 3CT (1)	2900	183,083	508,386
1,3D + 1,8 6CT (1)	2900	192,146	508,386
1,3D + 1,8 3CT + 1,2 W	2900	209,588	520,737
1,3D + 1,8 6CT + 1,2 W	2900	221,801	551,932
1,3D + 1,8 3CT (1) + 1,2 W	2900	183,083	508,386
1,3D + 1,8 6CT (1) + 1,2 W	2900	192,147	508,386
1,3D + EQ X + 0,3EQ Y	2900	195,292	663,172
1,3D + 0,3EQ X + EQ Y	2900	163,077	513,938

Sumber: Hasil Pengolahan Data

Dari hasil kontrol tegangan yang dicek adalah hasil kombinasi yang digunakan dengan dibandingkan

dengan σ_{ijin} yang ada pada bahan yaitu BJ 50 didapat untuk gaya tarik terfaktor adalah $663,172 \text{ kg/cm}^2$

$$\begin{aligned} P &= 663,172 \times 375,0 \times 2,0 \\ &= 464220,4 \text{ kg} \end{aligned}$$

Panjang total las yang dibutuhkan, L_w :

$$L_w = \frac{464220,4}{1870,722} = 2658,754 \text{ mm}$$

6.5.1.4 Transverse Stiffner 4

Persyaratan ukuran las:

$$\text{Maksimum} = 20 - 1,6 = 18,4 \text{ mm}$$

$$\text{Minimum} = 6 \text{ mm}$$

Gunakan ukuran las 12 mm

$$t_e = 0,707 \times 12 = 8,484 \text{ mm}$$

Kuat rencana las sudut ukuran 12 mm per mm panjang:

$$\begin{aligned} \phi.R_{nw} &= \phi \times 0,6 \times t_e \times f_{uw} \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 8,484 \times 490 = 1870,72 \\ &\text{N/mm} \end{aligned}$$

Dan kapasitas las ini tidak boleh melebihi kuat runtuh geser pelat:

$$\begin{aligned} \phi.R_{nw} &= \phi \times 0,6 \times t_e \times f_{uw} \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 20 \times 490 = 4500,00 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

Tabel 6.11 Hasil tegangan dari output SAP2000

Kombinasi Ultimate	σ_{ijin}	$\sigma_{web \text{ plate}}$	
		S11	S22
1,3D	2900	122,253	510,622
1,3D + 1,8 3CT	2900	209,588	520,737

1,3D + 1,8 6CT	2900	221,801	551,932
1,3D + 1,8 3CT (1)	2900	183,083	508,386
1,3D + 1,8 6CT (1)	2900	192,146	508,386
1,3D + 1,8 3CT + 1,2 W	2900	209,588	520,737
1,3D + 1,8 6CT + 1,2 W	2900	221,801	551,932
1,3D + 1,8 3CT (1) + 1,2 W	2900	183,083	508,386
1,3D + 1,8 6CT (1) + 1,2 W	2900	192,147	508,386
1,3D + EQ X + 0,3EQ Y	2900	195,292	663,172
1,3D + 0,3EQ X + EQ Y	2900	163,077	513,938

Sumber: Hasil Pengolahan Data

Dari hasil kontrol tegangan yang dicek adalah hasil kombinasi yang digunakan dengan dibandingkan dengan σ_{ijin} yang ada pada bahan yaitu BJ 50 didapat untuk gaya tarik terfaktor adalah $663,172 \text{ kg/cm}^2$

$$P = 663,172 \times 400,0 \times 2,0 \\ = 530537,6 \text{ kg}$$

Panjang total las yang dibutuhkan, L_w :

$$L_w = \frac{530537,6}{1870,722} = 2836,004 \text{ mm}$$

6.5.1.5 Transverse Stiffner 5

Persyaratan ukuran las:

$$\text{Maksimum} = 20 - 1,6 = 18,4 \text{ mm}$$

$$\text{Minimum} = 6 \text{ mm}$$

Gunakan ukuran las 12 mm

$$t_e = 0,707 \times 12 = 8,484 \text{ mm}$$

Kuat rencana las sudut ukuran 12 mm per mm panjang:

$$\phi \cdot R_{nw} = \phi \times 0,6 \times t_e \times f_{uw}$$

$$= 0,75 \times 0,6 \times 8,484 \times 490 = 1870,72$$

N/mm

Dan kapasitas las ini tidak boleh melebihi kuat runtuh geser pelat:

$$\begin{aligned}\phi \cdot R_{nw} &= \phi \times 0,6 \times t_e \times f_{uw} \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 20 \times 490 = 4500,00 \text{ N/mm}\end{aligned}$$

Tabel 6.12 Hasil tegangan dari output SAP2000

Kombinasi Ultimate	σ_{ijin}	$\sigma_{web\ plate}$	
		S11	S22
1,3D	2900	122,253	510,622
1,3D + 1,8 3CT	2900	209,588	520,737
1,3D + 1,8 6CT	2900	221,801	551,932
1,3D + 1,8 3CT (1)	2900	183,083	508,386
1,3D + 1,8 6CT (1)	2900	192,146	508,386
1,3D + 1,8 3CT + 1,2 W	2900	209,588	520,737
1,3D + 1,8 6CT + 1,2 W	2900	221,801	551,932
1,3D + 1,8 3CT (1) + 1,2 W	2900	183,083	508,386
1,3D + 1,8 6CT (1) + 1,2 W	2900	192,147	508,386
1,3D + EQ X + 0,3EQ Y	2900	195,292	663,172
1,3D + 0,3EQ X + EQ Y	2900	163,077	513,938

Sumber: Hasil Pengolahan Data

Dari hasil kontrol tegangan yang dicek adalah hasil kombinasi yang digunakan dengan dibandingkan dengan σ_{ijin} yang ada pada bahan yaitu BJ 50 didapat untuk gaya tarik terfaktor adalah 663,172 kg/cm²

$$\begin{aligned}P &= 663,172 \times 425,0 \times 2,0 \\ &= 563696,2 \text{ kg}\end{aligned}$$

Panjang total las yang dibutuhkan, Lw:

$$L_w = \frac{563696,2}{1870,722} = 3013,255 \text{ mm}$$

6.5.1.6 Transverse Stiffner 6

Persyaratan ukuran las:

$$\text{Maksimum} = 20 - 1,6 = 18,4 \text{ mm}$$

$$\text{Minimum} = 6 \text{ mm}$$

Gunakan ukuran las 12 mm

$$t_e = 0,707 \times 12 = 8,484 \text{ mm}$$

Kuat rencana las sudut ukuran 12 mm per mm panjang:

$$\begin{aligned} \phi.R_{nw} &= \phi \times 0,6 \times t_e \times f_{uw} \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 8,484 \times 490 = 1870,72 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

Dan kapasitas las ini tidak boleh melebihi kuat runtuh geser pelat:

$$\begin{aligned} \phi.R_{nw} &= \phi \times 0,6 \times t_e \times f_{uw} \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 20 \times 490 = 4500,00 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

Tabel 6.13 Hasil tegangan dari output SAP2000

Kombinasi Ultimate	σ_{ijin}	$\sigma_{web\ plate}$	
		S11	S22
1,3D	2900	122,253	510,622
1,3D + 1,8 3CT	2900	209,588	520,737
1,3D + 1,8 6CT	2900	221,801	551,932
1,3D + 1,8 3CT (1)	2900	183,083	508,386
1,3D + 1,8 6CT (1)	2900	192,146	508,386
1,3D + 1,8 3CT + 1,2 W	2900	209,588	520,737
1,3D + 1,8 6CT + 1,2 W	2900	221,801	551,932

1,3D + 1,8 3CT (1) + 1,2 W	2900	183,083	508,386
1,3D + 1,8 6CT (1) + 1,2 W	2900	192,147	508,386
1,3D + EQ X + 0,3EQ Y	2900	195,292	663,172
1,3D + 0,3EQ X + EQ Y	2900	163,077	513,938

Sumber: Hasil Pengolahan Data

Dari hasil kontrol tegangan yang dicek adalah hasil kombinasi yang digunakan dengan dibandingkan dengan σ_{ijin} yang ada pada bahan yaitu BJ 50 didapat untuk gaya tarik terfaktor adalah $663,172 \text{ kg/cm}^2$

$$P = 663,172 \times 450,0 \times 2,0 \\ = 596854,8 \text{ kg}$$

Panjang total las yang dibutuhkan, Lw:

$$Lw = \frac{596854,8}{1870,722} = 3190,505 \text{ mm}$$

6.5.1.7 Transverse Stiffner 7

Persyaratan ukuran las:

$$\text{Maksimum} = 20 - 1,6 = 18,4 \text{ mm}$$

$$\text{Minimum} = 6 \text{ mm}$$

Gunakan ukuran las 12 mm

$$t_e = 0,707 \times 12 = 8,484 \text{ mm}$$

Kuat rencana las sudut ukuran 12 mm per mm panjang:

$$\phi.R_{nw} = \phi \times 0,6 \times t_e \times f_{uw} \\ = 0,75 \times 0,6 \times 8,484 \times 490 = 1870,72$$

N/mm

Dan kapasitas las ini tidak boleh melebihi kuat runtuh geser pelat:

$$\phi.R_{nw} = \phi \times 0,6 \times t_e \times f_{uw}$$

$$= 0,75 \times 0,6 \times 20 \times 490 = 4500,00 \text{ N/mm}$$

Tabel 6.14 Hasil tegangan dari output SAP2000

Kombinasi Ultimate	σ_{ijin}	$\sigma_{web \text{ plate}}$	
		S11	S22
1,3D	2900	122,253	510,622
1,3D + 1,8 3CT	2900	209,588	520,737
1,3D + 1,8 6CT	2900	221,801	551,932
1,3D + 1,8 3CT (1)	2900	183,083	508,386
1,3D + 1,8 6CT (1)	2900	192,146	508,386
1,3D + 1,8 3CT + 1,2 W	2900	209,588	520,737
1,3D + 1,8 6CT + 1,2 W	2900	221,801	551,932
1,3D + 1,8 3CT (1) + 1,2 W	2900	183,083	508,386
1,3D + 1,8 6CT (1) + 1,2 W	2900	192,147	508,386
1,3D + EQ X + 0,3EQ Y	2900	195,292	663,172
1,3D + 0,3EQ X + EQ Y	2900	163,077	513,938

Sumber: Hasil Pengolahan Data

Dari hasil kontrol tegangan yang dicek adalah hasil kombinasi yang digunakan dengan dibandingkan dengan σ_{ijin} yang ada pada bahan yaitu BJ 50 didapat untuk gaya tarik terfaktor adalah $663,172 \text{ kg/cm}^2$

$$\begin{aligned} P &= 663,172 \times 475,0 \times 2,0 \\ &= 630013,4 \text{ kg} \end{aligned}$$

Panjang total las yang dibutuhkan, L_w :

$$L_w = \frac{630013,4}{1870,722} = 3367,755 \text{ mm}$$

6.5.1.8 Transverse Stiffner 8

Persyaratan ukuran las:

$$\text{Maksimum} = 20 - 1,6 = 18,4 \text{ mm}$$

Minimum = 6 mm

Gunakan ukuran las 12 mm

$$t_e = 0,707 \times 12 = 8,484 \text{ mm}$$

Kuat rencana las sudut ukuran 12 mm per mm panjang:

$$\begin{aligned} \phi.R_{nw} &= \phi \times 0,6 \times t_e \times f_{uw} \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 8,484 \times 490 = 1870,72 \end{aligned}$$

N/mm

Dan kapasitas las ini tidak boleh melebihi kuat runtuh geser pelat:

$$\begin{aligned} \phi.R_{nw} &= \phi \times 0,6 \times t_e \times f_{uw} \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 20 \times 490 = 4500,00 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

Tabel 6.15 Hasil tegangan dari output SAP2000

Kombinasi Ultimate	σ_{ijin}	$\sigma_{web\ plate}$	
		S11	S22
1,3D	2900	122,253	510,622
1,3D + 1,8 3CT	2900	209,588	520,737
1,3D + 1,8 6CT	2900	221,801	551,932
1,3D + 1,8 3CT (1)	2900	183,083	508,386
1,3D + 1,8 6CT (1)	2900	192,146	508,386
1,3D + 1,8 3CT + 1,2 W	2900	209,588	520,737
1,3D + 1,8 6CT + 1,2 W	2900	221,801	551,932
1,3D + 1,8 3CT (1) + 1,2 W	2900	183,083	508,386
1,3D + 1,8 6CT (1) + 1,2 W	2900	192,147	508,386
1,3D + EQ X + 0,3EQ Y	2900	195,292	663,172
1,3D + 0,3EQ X + EQ Y	2900	163,077	513,938

Sumber: Hasil Pengolahan Data

Dari hasil kontrol tegangan yang dicek adalah hasil kombinasi yang digunakan dengan dibandingkan dengan σ_{ijin} yang ada pada bahan yaitu BJ 50 didapat untuk gaya tarik terfaktor adalah $663,172 \text{ kg/cm}^2$

$$\begin{aligned} P &= 663,172 \times 500,0 \times 2,0 \\ &= 663172,0 \text{ kg} \end{aligned}$$

Panjang total las yang dibutuhkan, L_w :

$$L_w = \frac{663172,0}{1870,722} = 3545,006 \text{ mm}$$

6.5.1.9 Transverse Stiffner 9

Persyaratan ukuran las:

$$\text{Maksimum} = 20 - 1,6 = 18,4 \text{ mm}$$

$$\text{Minimum} = 6 \text{ mm}$$

Gunakan ukuran las 12 mm

$$t_e = 0,707 \times 12 = 8,484 \text{ mm}$$

Kuat rencana las sudut ukuran 12 mm per mm panjang:

$$\begin{aligned} \phi.R_{nw} &= \phi \times 0,6 \times t_e \times f_{uw} \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 8,484 \times 490 = 1870,72 \\ &\text{N/mm} \end{aligned}$$

Dan kapasitas las ini tidak boleh melebihi kuat runtuh geser pelat:

$$\begin{aligned} \phi.R_{nw} &= \phi \times 0,6 \times t_e \times f_{uw} \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 20 \times 490 = 4500,00 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

Tabel 6.16 Hasil tegangan dari output SAP2000

Kombinasi Ultimate	σ_{ijin}	$\sigma_{web \text{ plate}}$	
		S11	S22

1,3D	2900	122,253	510,622
1,3D + 1,8 3CT	2900	209,588	520,737
1,3D + 1,8 6CT	2900	221,801	551,932
1,3D + 1,8 3CT (1)	2900	183,083	508,386
1,3D + 1,8 6CT (1)	2900	192,146	508,386
1,3D + 1,8 3CT + 1,2 W	2900	209,588	520,737
1,3D + 1,8 6CT + 1,2 W	2900	221,801	551,932
1,3D + 1,8 3CT (1) + 1,2 W	2900	183,083	508,386
1,3D + 1,8 6CT (1) + 1,2 W	2900	192,147	508,386
1,3D + EQ X + 0,3EQ Y	2900	195,292	663,172
1,3D + 0,3EQ X + EQ Y	2900	163,077	513,938

Sumber: Hasil Pengolahan Data

Dari hasil kontrol tegangan yang dicek adalah hasil kombinasi yang digunakan dengan dibandingkan dengan σ_{ijin} yang ada pada bahan yaitu BJ 50 didapat untuk gaya tarik terfaktor adalah $663,172 \text{ kg/cm}^2$

$$\begin{aligned}
 P &= 663,172 \times 469,90 \times 2,0 \\
 &= 623249,0 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Panjang total las yang dibutuhkan, L_w :

$$L_w = \frac{623249,0}{1870,722} = 3331,596 \text{ mm}$$

6.5.1.10 Transverse Stiffner 10

Persyaratan ukuran las:

$$\text{Maksimum} = 20 - 1,6 = 18,4 \text{ mm}$$

$$\text{Minimum} = 6 \text{ mm}$$

Gunakan ukuran las 12 mm

$$t_e = 0,707 \times 12 = 8,484 \text{ mm}$$

Kuat rencana las sudut ukuran 12 mm per mm panjang:

$$\begin{aligned}\phi.R_{nw} &= \phi \times 0,6 \times t_e \times f_{uw} \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 8,484 \times 490 = 1870,72 \\ &\text{N/mm}\end{aligned}$$

Dan kapasitas las ini tidak boleh melebihi kuat runtuh geser pelat:

$$\begin{aligned}\phi.R_{nw} &= \phi \times 0,6 \times t_e \times f_{uw} \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 20 \times 490 = 4500,00 \text{ N/mm}\end{aligned}$$

Tabel 6.17 Hasil tegangan dari output SAP2000

Kombinasi Ultimate	σ_{ijin}	$\sigma_{web\ plate}$	
		S11	S22
1,3D	2900	122,253	510,622
1,3D + 1,8 3CT	2900	209,588	520,737
1,3D + 1,8 6CT	2900	221,801	551,932
1,3D + 1,8 3CT (1)	2900	183,083	508,386
1,3D + 1,8 6CT (1)	2900	192,146	508,386
1,3D + 1,8 3CT + 1,2 W	2900	209,588	520,737
1,3D + 1,8 6CT + 1,2 W	2900	221,801	551,932
1,3D + 1,8 3CT (1) + 1,2 W	2900	183,083	508,386
1,3D + 1,8 6CT (1) + 1,2 W	2900	192,147	508,386
1,3D + EQ X + 0,3EQ Y	2900	195,292	663,172
1,3D + 0,3EQ X + EQ Y	2900	163,077	513,938

Sumber: Hasil Pengolahan Data

Dari hasil kontrol tegangan yang dicek adalah hasil kombinasi yang digunakan dengan dibandingkan dengan σ_{ijin} yang ada pada bahan yaitu BJ 50 didapat untuk gaya tarik terfaktor adalah 663,172 kg/cm²

$$\begin{aligned}P &= 663,172 \times 442,20 \times 2,0 \\ &= 586509,3 \text{ kg}\end{aligned}$$

Panjang total las yang dibutuhkan, L_w :

$$L_w = \frac{586509,3}{1870,722} = 3135,203 \text{ mm}$$

6.5.1.11 Transverse Stiffner 11

Persyaratan ukuran las:

$$\text{Maksimum} = 20 - 1,6 = 18,4 \text{ mm}$$

$$\text{Minimum} = 6 \text{ mm}$$

Gunakan ukuran las 12 mm

$$t_e = 0,707 \times 12 = 8,484 \text{ mm}$$

Kuat rencana las sudut ukuran 12 mm per mm panjang:

$$\begin{aligned} \phi \cdot R_{nw} &= \phi \times 0,6 \times t_e \times f_{uw} \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 8,484 \times 490 = 1870,72 \end{aligned}$$

N/mm

Dan kapasitas las ini tidak boleh melebihi kuat runtuh geser pelat:

$$\begin{aligned} \phi \cdot R_{nw} &= \phi \times 0,6 \times t_e \times f_{uw} \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 20 \times 490 = 4500,00 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

Tabel 6.18 Hasil tegangan dari output SAP2000

Kombinasi Ultimate	σ_{ijin}	$\sigma_{web \text{ plate}}$	
		S11	S22
1,3D	2900	122,253	510,622
1,3D + 1,8 3CT	2900	209,588	520,737
1,3D + 1,8 6CT	2900	221,801	551,932
1,3D + 1,8 3CT (1)	2900	183,083	508,386
1,3D + 1,8 6CT (1)	2900	192,146	508,386
1,3D + 1,8 3CT + 1,2 W	2900	209,588	520,737

1,3D + 1,8 6CT + 1,2 W	2900	221,801	551,932
1,3D + 1,8 3CT (1) + 1,2 W	2900	183,083	508,386
1,3D + 1,8 6CT (1) + 1,2 W	2900	192,147	508,386
1,3D + EQ X + 0,3EQ Y	2900	195,292	663,172
1,3D + 0,3EQ X + EQ Y	2900	163,077	513,938

Sumber: Hasil Pengolahan Data

Dari hasil kontrol tegangan yang dicek adalah hasil kombinasi yang digunakan dengan dibandingkan dengan σ_{ijin} yang ada pada bahan yaitu BJ 50 didapat untuk gaya tarik terfaktor adalah $663,172 \text{ kg/cm}^2$

$$P = 663,172 \times 416,90 \times 2,0 \\ = 552952,8 \text{ kg}$$

Panjang total las yang dibutuhkan, L_w :

$$L_w = \frac{552952,8}{1870,722} = 2955,826 \text{ mm}$$

6.5.1.12 Transverse Stiffner 12

Persyaratan ukuran las:

$$\text{Maksimum} = 20 - 1,6 = 18,4 \text{ mm}$$

$$\text{Minimum} = 6 \text{ mm}$$

Gunakan ukuran las 12 mm

$$t_e = 0,707 \times 12 = 8,484 \text{ mm}$$

Kuat rencana las sudut ukuran 12 mm per mm panjang:

$$\phi.R_{nw} = \phi \times 0,6 \times t_e \times f_{uw} \\ = 0,75 \times 0,6 \times 8,484 \times 490 = 1870,72$$

N/mm

Dan kapasitas las ini tidak boleh melebihi kuat runtuh geser pelat:

$$\begin{aligned}\phi.R_{nw} &= \phi \times 0,6 \times t_e \times f_{uw} \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 20 \times 490 = 4500,00 \text{ N/mm}\end{aligned}$$

Tabel 6.19 Hasil tegangan dari output SAP2000

Kombinasi Ultimate	σ_{ijin}	$\sigma_{web\ plate}$	
		S11	S22
1,3D	2900	122,253	510,622
1,3D + 1,8 3CT	2900	209,588	520,737
1,3D + 1,8 6CT	2900	221,801	551,932
1,3D + 1,8 3CT (1)	2900	183,083	508,386
1,3D + 1,8 6CT (1)	2900	192,146	508,386
1,3D + 1,8 3CT + 1,2 W	2900	209,588	520,737
1,3D + 1,8 6CT + 1,2 W	2900	221,801	551,932
1,3D + 1,8 3CT (1) + 1,2 W	2900	183,083	508,386
1,3D + 1,8 6CT (1) + 1,2 W	2900	192,147	508,386
1,3D + EQ X + 0,3EQ Y	2900	195,292	663,172
1,3D + 0,3EQ X + EQ Y	2900	163,077	513,938

Sumber: Hasil Pengolahan Data

Dari hasil kontrol tegangan yang dicek adalah hasil kombinasi yang digunakan dengan dibandingkan dengan σ_{ijin} yang ada pada bahan yaitu BJ 50 didapat untuk gaya tarik terfaktor adalah $663,172 \text{ kg/cm}^2$

$$\begin{aligned}P &= 663,172 \times 393,90 \times 2,0 \\ &= 5224462,9 \text{ kg}\end{aligned}$$

Panjang total las yang dibutuhkan, L_w :

$$L_w = \frac{522446,9}{1870,722} = 2792,755 \text{ mm}$$

6.5.1.13 Transverse Stiffner 13

Persyaratan ukuran las:

$$\text{Maksimum} = 20 - 1,6 = 18,4 \text{ mm}$$

$$\text{Minimum} = 6 \text{ mm}$$

Gunakan ukuran las 12 mm

$$t_e = 0,707 \times 12 = 8,484 \text{ mm}$$

Kuat rencana las sudut ukuran 12 mm per mm panjang:

$$\begin{aligned} \phi.R_{nw} &= \phi \times 0,6 \times t_e \times f_{uw} \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 8,484 \times 490 = 1870,72 \end{aligned}$$

N/mm

Dan kapasitas las ini tidak boleh melebihi kuat runtuh geser pelat:

$$\begin{aligned} \phi.R_{nw} &= \phi \times 0,6 \times t_e \times f_{uw} \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 20 \times 490 = 4500,00 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

Tabel 6.20 Hasil tegangan dari output SAP2000

Kombinasi Ultimate	σ_{ijin}	$\sigma_{web\ plate}$	
		S11	S22
1,3D	2900	122,253	510,622
1,3D + 1,8 3CT	2900	209,588	520,737
1,3D + 1,8 6CT	2900	221,801	551,932
1,3D + 1,8 3CT (1)	2900	183,083	508,386
1,3D + 1,8 6CT (1)	2900	192,146	508,386
1,3D + 1,8 3CT + 1,2 W	2900	209,588	520,737
1,3D + 1,8 6CT + 1,2 W	2900	221,801	551,932
1,3D + 1,8 3CT (1) + 1,2 W	2900	183,083	508,386
1,3D + 1,8 6CT (1) + 1,2 W	2900	192,147	508,386
1,3D + EQ X + 0,3EQ Y	2900	195,292	663,172
1,3D + 0,3EQ X + EQ Y	2900	163,077	513,938

Sumber: Hasil Pengolahan Data

Dari hasil kontrol tegangan yang dicek adalah hasil kombinasi yang digunakan dengan dibandingkan dengan σ_{ijin} yang ada pada bahan yaitu BJ 50 didapat untuk gaya tarik terfaktor adalah $663,172 \text{ kg/cm}^2$

$$\begin{aligned} P &= 663,172 \times 373,30 \times 2,0 \\ &= 495124,2 \text{ kg} \end{aligned}$$

Panjang total las yang dibutuhkan, L_w :

$$L_w = \frac{495124,2}{1870,722} = 2646,701 \text{ mm}$$

6.5.1.14 Transverse Stiffner 14

Persyaratan ukuran las:

$$\text{Maksimum} = 20 - 1,6 = 18,4 \text{ mm}$$

$$\text{Minimum} = 6 \text{ mm}$$

Gunakan ukuran las 12 mm

$$t_e = 0,707 \times 12 = 8,484 \text{ mm}$$

Kuat rencana las sudut ukuran 12 mm per mm panjang:

$$\begin{aligned} \phi.R_{nw} &= \phi \times 0,6 \times t_e \times f_{uw} \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 8,484 \times 490 = 1870,72 \end{aligned}$$

N/mm

Dan kapasitas las ini tidak boleh melebihi kuat runtuh geser pelat:

$$\begin{aligned} \phi.R_{nw} &= \phi \times 0,6 \times t_e \times f_{uw} \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 20 \times 490 = 4500,00 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

Tabel 6.21 Hasil tegangan dari output SAP2000

Kombinasi Ultimate	σ_{ijin}	$\sigma_{web \text{ plate}}$	
		S11	S22

1,3D	2900	122,253	510,622
1,3D + 1,8 3CT	2900	209,588	520,737
1,3D + 1,8 6CT	2900	221,801	551,932
1,3D + 1,8 3CT (1)	2900	183,083	508,386
1,3D + 1,8 6CT (1)	2900	192,146	508,386
1,3D + 1,8 3CT + 1,2 W	2900	209,588	520,737
1,3D + 1,8 6CT + 1,2 W	2900	221,801	551,932
1,3D + 1,8 3CT (1) + 1,2 W	2900	183,083	508,386
1,3D + 1,8 6CT (1) + 1,2 W	2900	192,147	508,386
1,3D + EQ X + 0,3EQ Y	2900	195,292	663,172
1,3D + 0,3EQ X + EQ Y	2900	163,077	513,938

Sumber: Hasil Pengolahan Data

Dari hasil kontrol tegangan yang dicek adalah hasil kombinasi yang digunakan dengan dibandingkan dengan σ_{ijin} yang ada pada bahan yaitu BJ 50 didapat untuk gaya tarik terfaktor adalah $663,172 \text{ kg/cm}^2$

$$P = 663,172 \times 355,0 \times 2,0$$

$$= 470852,1 \text{ kg}$$

Panjang total las yang dibutuhkan, L_w :

$$L_w = \frac{470852,1}{1870,722} = 2516,954 \text{ mm}$$

6.5.1.15 Transverse Stiffner 15

Persyaratan ukuran las:

$$\text{Maksimum} = 20 - 1,6 = 18,4 \text{ mm}$$

$$\text{Minimum} = 6 \text{ mm}$$

Gunakan ukuran las 12 mm

$$t_e = 0,707 \times 12 = 8,484 \text{ mm}$$

Kuat rencana las sudut ukuran 12 mm per mm panjang:

$$\begin{aligned}\phi.R_{nw} &= \phi \times 0,6 \times t_e \times f_{uw} \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 8,484 \times 490 = 1870,72 \\ &\text{N/mm}\end{aligned}$$

Dan kapasitas las ini tidak boleh melebihi kuat runtuh geser pelat:

$$\begin{aligned}\phi.R_{nw} &= \phi \times 0,6 \times t_e \times f_{uw} \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 20 \times 490 = 4500,00 \text{ N/mm}\end{aligned}$$

Tabel 6.22 Hasil tegangan dari output SAP2000

Kombinasi Ultimate	σ_{ijin}	$\sigma_{web\ plate}$	
		S11	S22
1,3D	2900	122,253	510,622
1,3D + 1,8 3CT	2900	209,588	520,737
1,3D + 1,8 6CT	2900	221,801	551,932
1,3D + 1,8 3CT (1)	2900	183,083	508,386
1,3D + 1,8 6CT (1)	2900	192,146	508,386
1,3D + 1,8 3CT + 1,2 W	2900	209,588	520,737
1,3D + 1,8 6CT + 1,2 W	2900	221,801	551,932
1,3D + 1,8 3CT (1) + 1,2 W	2900	183,083	508,386
1,3D + 1,8 6CT (1) + 1,2 W	2900	192,147	508,386
1,3D + EQ X + 0,3EQ Y	2900	195,292	663,172
1,3D + 0,3EQ X + EQ Y	2900	163,077	513,938

Sumber: Hasil Pengolahan Data

Dari hasil kontrol tegangan yang dicek adalah hasil kombinasi yang digunakan dengan dibandingkan dengan σ_{ijin} yang ada pada bahan yaitu BJ 50 didapat untuk gaya tarik terfaktor adalah $663,172 \text{ kg/cm}^2$

$$\begin{aligned}P &= 663,172 \times 339,0 \times 2,0 \\ &= 449630,6 \text{ kg}\end{aligned}$$

Panjang total las yang dibutuhkan, L_w :

$$L_w = \frac{449630,6}{1870,722} = 2403,514 \text{ mm}$$

6.5.1.16 Transverse Stiffner 16

Persyaratan ukuran las:

$$\text{Maksimum} = 20 - 1,6 = 18,4 \text{ mm}$$

$$\text{Minimum} = 6 \text{ mm}$$

Gunakan ukuran las 12 mm

$$t_e = 0,707 \times 12 = 8,484 \text{ mm}$$

Kuat rencana las sudut ukuran 12 mm per mm panjang:

$$\begin{aligned} \phi \cdot R_{nw} &= \phi \times 0,6 \times t_e \times f_{uw} \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 8,484 \times 490 = 1870,72 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

Dan kapasitas las ini tidak boleh melebihi kuat runtuh geser pelat:

$$\begin{aligned} \phi \cdot R_{nw} &= \phi \times 0,6 \times t_e \times f_{uw} \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 20 \times 490 = 4500,00 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

Tabel 6.23 Hasil tegangan dari output SAP2000

Kombinasi Ultimate	σ_{ijin}	$\sigma_{web \text{ plate}}$	
		S11	S22
1,3D	2900	122,253	510,622
1,3D + 1,8 3CT	2900	209,588	520,737
1,3D + 1,8 6CT	2900	221,801	551,932
1,3D + 1,8 3CT (1)	2900	183,083	508,386
1,3D + 1,8 6CT (1)	2900	192,146	508,386
1,3D + 1,8 3CT + 1,2 W	2900	209,588	520,737

1,3D + 1,8 6CT + 1,2 W	2900	221,801	551,932
1,3D + 1,8 3CT (1) + 1,2 W	2900	183,083	508,386
1,3D + 1,8 6CT (1) + 1,2 W	2900	192,147	508,386
1,3D + EQ X + 0,3EQ Y	2900	195,292	663,172
1,3D + 0,3EQ X + EQ Y	2900	163,077	513,938

Sumber: Hasil Pengolahan Data

Dari hasil kontrol tegangan yang dicek adalah hasil kombinasi yang digunakan dengan dibandingkan dengan σ_{ijin} yang ada pada bahan yaitu BJ 50 didapat untuk gaya tarik terfaktor adalah $663,172 \text{ kg/cm}^2$

$$P = 663,172 \times 325,4 \times 2,0 \\ = 431592,3 \text{ kg}$$

Panjang total las yang dibutuhkan, L_w :

$$L_w = \frac{431592,3}{1870,722} = 2307,090 \text{ mm}$$

6.5.1.17 Transverse Stiffner 17

Persyaratan ukuran las:

$$\text{Maksimum} = 20 - 1,6 = 18,4 \text{ mm}$$

$$\text{Minimum} = 6 \text{ mm}$$

Gunakan ukuran las 12 mm

$$t_e = 0,707 \times 12 = 8,484 \text{ mm}$$

Kuat rencana las sudut ukuran 12 mm per mm panjang:

$$\phi.R_{nw} = \phi \times 0,6 \times t_e \times f_{uw} \\ = 0,75 \times 0,6 \times 8,484 \times 490 = 1870,72$$

N/mm

Dan kapasitas las ini tidak boleh melebihi kuat runtuh geser pelat:

$$\begin{aligned}\phi.R_{nw} &= \phi \times 0,6 \times t_e \times f_{uw} \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 20 \times 490 = 4500,00 \text{ N/mm}\end{aligned}$$

Tabel 6.24 Hasil tegangan dari output SAP2000

Kombinasi Ultimate	σ_{ijin}	$\sigma_{web\ plate}$	
		S11	S22
1,3D	2900	122,253	510,622
1,3D + 1,8 3CT	2900	209,588	520,737
1,3D + 1,8 6CT	2900	221,801	551,932
1,3D + 1,8 3CT (1)	2900	183,083	508,386
1,3D + 1,8 6CT (1)	2900	192,146	508,386
1,3D + 1,8 3CT + 1,2 W	2900	209,588	520,737
1,3D + 1,8 6CT + 1,2 W	2900	221,801	551,932
1,3D + 1,8 3CT (1) + 1,2 W	2900	183,083	508,386
1,3D + 1,8 6CT (1) + 1,2 W	2900	192,147	508,386
1,3D + EQ X + 0,3EQ Y	2900	195,292	663,172
1,3D + 0,3EQ X + EQ Y	2900	163,077	513,938

Sumber: Hasil Pengolahan Data

Dari hasil kontrol tegangan yang dicek adalah hasil kombinasi yang digunakan dengan dibandingkan dengan σ_{ijin} yang ada pada bahan yaitu BJ 50 didapat untuk gaya tarik terfaktor adalah $663,172 \text{ kg/cm}^2$

$$\begin{aligned}P &= 663,172 \times 314,1 \times 2,0 \\ &= 416694,7 \text{ kg}\end{aligned}$$

Panjang total las yang dibutuhkan, L_w :

$$L_w = \frac{416694,7}{1870,722} = 2226,973 \text{ mm}$$

6.5.1.18 Transverse Stiffner 18

Persyaratan ukuran las:

$$\text{Maksimum} = 20 - 1,6 = 18,4 \text{ mm}$$

$$\text{Minimum} = 6 \text{ mm}$$

Gunakan ukuran las 12 mm

$$t_e = 0,707 \times 12 = 8,484 \text{ mm}$$

Kuat rencana las sudut ukuran 12 mm per mm panjang:

$$\begin{aligned} \phi.R_{nw} &= \phi \times 0,6 \times t_e \times f_{uw} \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 8,484 \times 490 = 1870,72 \end{aligned}$$

N/mm

Dan kapasitas las ini tidak boleh melebihi kuat runtuh geser pelat:

$$\begin{aligned} \phi.R_{nw} &= \phi \times 0,6 \times t_e \times f_{uw} \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 20 \times 490 = 4500,00 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

Tabel 6.25 Hasil tegangan dari output SAP2000

Kombinasi Ultimate	σ_{ijin}	$\sigma_{web\ plate}$	
		S11	S22
1,3D	2900	122,253	510,622
1,3D + 1,8 3CT	2900	209,588	520,737
1,3D + 1,8 6CT	2900	221,801	551,932
1,3D + 1,8 3CT (1)	2900	183,083	508,386
1,3D + 1,8 6CT (1)	2900	192,146	508,386
1,3D + 1,8 3CT + 1,2 W	2900	209,588	520,737
1,3D + 1,8 6CT + 1,2 W	2900	221,801	551,932
1,3D + 1,8 3CT (1) + 1,2 W	2900	183,083	508,386
1,3D + 1,8 6CT (1) + 1,2 W	2900	192,147	508,386
1,3D + EQ X + 0,3EQ Y	2900	195,292	663,172
1,3D + 0,3EQ X + EQ Y	2900	163,077	513,938

Sumber: Hasil Pengolahan Data

Dari hasil kontrol tegangan yang dicek adalah hasil kombinasi yang digunakan dengan dibandingkan dengan σ_{ijin} yang ada pada bahan yaitu BJ 50 didapat untuk gaya tarik terfaktor adalah $663,172 \text{ kg/cm}^2$

$$\begin{aligned} P &= 663,172 \times 305,1 \times 2,0 \\ &= 404667,6 \text{ kg} \end{aligned}$$

Panjang total las yang dibutuhkan, L_w :

$$L_w = \frac{404667,6}{1870,722} = 2163,162 \text{ mm}$$

6.5.1.19 Transverse Stiffner 19

Persyaratan ukuran las:

$$\text{Maksimum} = 20 - 1,6 = 18,4 \text{ mm}$$

$$\text{Minimum} = 6 \text{ mm}$$

Gunakan ukuran las 12 mm

$$t_e = 0,707 \times 12 = 8,484 \text{ mm}$$

Kuat rencana las sudut ukuran 12 mm per mm panjang:

$$\begin{aligned} \phi.R_{nw} &= \phi \times 0,6 \times t_e \times f_{uw} \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 8,484 \times 490 = 1870,72 \end{aligned}$$

N/mm

Dan kapasitas las ini tidak boleh melebihi kuat runtuh geser pelat:

$$\begin{aligned} \phi.R_{nw} &= \phi \times 0,6 \times t_e \times f_{uw} \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 20 \times 490 = 4500,00 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

Tabel 6.26 Hasil tegangan dari output SAP2000

Kombinasi Ultimate	σ_{ijin}	$\sigma_{web plate}$
--------------------	-----------------	----------------------

		S11	S22
1,3D	2900	122,253	510,622
1,3D + 1,8 3CT	2900	209,588	520,737
1,3D + 1,8 6CT	2900	221,801	551,932
1,3D + 1,8 3CT (1)	2900	183,083	508,386
1,3D + 1,8 6CT (1)	2900	192,146	508,386
1,3D + 1,8 3CT + 1,2 W	2900	209,588	520,737
1,3D + 1,8 6CT + 1,2 W	2900	221,801	551,932
1,3D + 1,8 3CT (1) + 1,2 W	2900	183,083	508,386
1,3D + 1,8 6CT (1) + 1,2 W	2900	192,147	508,386
1,3D + EQ X + 0,3EQ Y	2900	195,292	663,172
1,3D + 0,3EQ X + EQ Y	2900	163,077	513,938

Sumber: Hasil Pengolahan Data

Dari hasil kontrol tegangan yang dicek adalah hasil kombinasi yang digunakan dengan dibandingkan dengan σ_{ijin} yang ada pada bahan yaitu BJ 50 didapat untuk gaya tarik terfaktor adalah 663,172 kg/cm²

$$P = 663,172 \times 300,0 \times 2,0$$

$$= 397903,2 \text{ kg}$$

Panjang total las yang dibutuhkan, Lw:

$$Lw = \frac{397903,2}{1870,722} = 2127,003 \text{ mm}$$

6.5.1.20 Transverse Stiffner 20

Persyaratan ukuran las:

$$\text{Maksimum} = 20 - 1,6 = 18,4 \text{ mm}$$

$$\text{Minimum} = 6 \text{ mm}$$

Gunakan ukuran las 12 mm

$$t_e = 0,707 \times 12 = 8,484 \text{ mm}$$

Kuat rencana las sudut ukuran 12 mm per mm panjang:

$$\begin{aligned}\phi.R_{nw} &= \phi \times 0,6 \times t_e \times f_{uw} \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 8,484 \times 490 = 1870,72 \\ &\text{N/mm}\end{aligned}$$

Dan kapasitas las ini tidak boleh melebihi kuat runtuh geser pelat:

$$\begin{aligned}\phi.R_{nw} &= \phi \times 0,6 \times t_e \times f_{uw} \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 20 \times 490 = 4500,00 \text{ N/mm}\end{aligned}$$

Tabel 6.27 Hasil tegangan dari output SAP2000

Kombinasi Ultimate	σ_{ijin}	$\sigma_{web\ plate}$	
		S11	S22
1,3D	2900	122,253	510,622
1,3D + 1,8 3CT	2900	209,588	520,737
1,3D + 1,8 6CT	2900	221,801	551,932
1,3D + 1,8 3CT (1)	2900	183,083	508,386
1,3D + 1,8 6CT (1)	2900	192,146	508,386
1,3D + 1,8 3CT + 1,2 W	2900	209,588	520,737
1,3D + 1,8 6CT + 1,2 W	2900	221,801	551,932
1,3D + 1,8 3CT (1) + 1,2 W	2900	183,083	508,386
1,3D + 1,8 6CT (1) + 1,2 W	2900	192,147	508,386
1,3D + EQ X + 0,3EQ Y	2900	195,292	663,172
1,3D + 0,3EQ X + EQ Y	2900	163,077	513,938

Sumber: Hasil Pengolahan Data

Dari hasil kontrol tegangan yang dicek adalah hasil kombinasi yang digunakan dengan dibandingkan dengan σ_{ijin} yang ada pada bahan yaitu BJ 50 didapat untuk gaya tarik terfaktor adalah 663,172 kg/cm²

$$\begin{aligned}P &= 663,172 \times 300,0 \times 2,0 \\ &= 397903,2 \text{ kg}\end{aligned}$$

Panjang total las yang dibutuhkan, L_w :

$$L_w = \frac{397903,2}{1870,722} = 2127,003 \text{ mm}$$

6.5.1.21 Transverse Stiffner 21

Persyaratan ukuran las:

$$\text{Maksimum} = 20 - 1,6 = 18,4 \text{ mm}$$

$$\text{Minimum} = 6 \text{ mm}$$

Gunakan ukuran las 12 mm

$$t_e = 0,707 \times 12 = 8,484 \text{ mm}$$

Kuat rencana las sudut ukuran 12 mm per mm panjang:

$$\begin{aligned} \phi \cdot R_{nw} &= \phi \times 0,6 \times t_e \times f_{uw} \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 8,484 \times 490 = 1870,72 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

Dan kapasitas las ini tidak boleh melebihi kuat runtuh geser pelat:

$$\begin{aligned} \phi \cdot R_{nw} &= \phi \times 0,6 \times t_e \times f_{uw} \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 20 \times 490 = 4500,00 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

Tabel 6.28 Hasil tegangan dari output SAP2000

Kombinasi Ultimate	σ_{ijin}	$\sigma_{web \text{ plate}}$	
		S11	S22
1,3D	2900	122,253	510,622
1,3D + 1,8 3CT	2900	209,588	520,737
1,3D + 1,8 6CT	2900	221,801	551,932
1,3D + 1,8 3CT (1)	2900	183,083	508,386
1,3D + 1,8 6CT (1)	2900	192,146	508,386
1,3D + 1,8 3CT + 1,2 W	2900	209,588	520,737

1,3D + 1,8 6CT + 1,2 W	2900	221,801	551,932
1,3D + 1,8 3CT (1) + 1,2 W	2900	183,083	508,386
1,3D + 1,8 6CT (1) + 1,2 W	2900	192,147	508,386
1,3D + EQ X + 0,3EQ Y	2900	195,292	663,172
1,3D + 0,3EQ X + EQ Y	2900	163,077	513,938

Sumber: Hasil Pengolahan Data

Dari hasil kontrol tegangan yang dicek adalah hasil kombinasi yang digunakan dengan dibandingkan dengan σ_{ijin} yang ada pada bahan yaitu BJ 50 didapat untuk gaya tarik terfaktor adalah $663,172 \text{ kg/cm}^2$

$$P = 663,172 \times 298,50 \times 2,0$$

$$= 395913,7 \text{ kg}$$

Panjang total las yang dibutuhkan, L_w :

$$L_w = \frac{395913,7}{1870,722} = 2116,368 \text{ mm}$$

6.5.1.22 Transverse Stiffner 22

Persyaratan ukuran las:

$$\text{Maksimum} = 20 - 1,6 = 18,4 \text{ mm}$$

$$\text{Minimum} = 6 \text{ mm}$$

Gunakan ukuran las 12 mm

$$t_e = 0,707 \times 12 = 8,484 \text{ mm}$$

Kuat rencana las sudut ukuran 12 mm per mm panjang:

$$\phi.R_{nw} = \phi \times 0,6 \times t_e \times f_{uw}$$

$$= 0,75 \times 0,6 \times 8,484 \times 490 = 1870,72$$

N/mm

Dan kapasitas las ini tidak boleh melebihi kuat runtuh geser pelat:

$$\begin{aligned}\phi.R_{nw} &= \phi \times 0,6 \times t_e \times f_{uw} \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 20 \times 490 = 4500,00 \text{ N/mm}\end{aligned}$$

Tabel 6.29 Hasil tegangan dari output SAP2000

Kombinasi Ultimate	σ_{ijin}	$\sigma_{web\ plate}$	
		S11	S22
1,3D	2900	122,253	510,622
1,3D + 1,8 3CT	2900	209,588	520,737
1,3D + 1,8 6CT	2900	221,801	551,932
1,3D + 1,8 3CT (1)	2900	183,083	508,386
1,3D + 1,8 6CT (1)	2900	192,146	508,386
1,3D + 1,8 3CT + 1,2 W	2900	209,588	520,737
1,3D + 1,8 6CT + 1,2 W	2900	221,801	551,932
1,3D + 1,8 3CT (1) + 1,2 W	2900	183,083	508,386
1,3D + 1,8 6CT (1) + 1,2 W	2900	192,147	508,386
1,3D + EQ X + 0,3EQ Y	2900	195,292	663,172
1,3D + 0,3EQ X + EQ Y	2900	163,077	513,938

Sumber: Hasil Pengolahan Data

Dari hasil kontrol tegangan yang dicek adalah hasil kombinasi yang digunakan dengan dibandingkan dengan σ_{ijin} yang ada pada bahan yaitu BJ 50 didapat untuk gaya tarik terfaktor adalah $663,172 \text{ kg/cm}^2$

$$\begin{aligned}P &= 663,172 \times 295,10 \times 2,0 \\ &= 391404,1 \text{ kg}\end{aligned}$$

Panjang total las yang dibutuhkan, L_w :

$$L_w = \frac{391404,1}{1870,722} = 2092,262 \text{ mm}$$

6.5.1.23 Transverse Stiffner 23

Persyaratan ukuran las:

$$\text{Maksimum} = 20 - 1,6 = 18,4 \text{ mm}$$

$$\text{Minimum} = 6 \text{ mm}$$

Gunakan ukuran las 12 mm

$$t_e = 0,707 \times 12 = 8,484 \text{ mm}$$

Kuat rencana las sudut ukuran 12 mm per mm panjang:

$$\begin{aligned} \phi.R_{nw} &= \phi \times 0,6 \times t_e \times f_{uw} \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 8,484 \times 490 = 1870,72 \end{aligned}$$

N/mm

Dan kapasitas las ini tidak boleh melebihi kuat runtuh geser pelat:

$$\begin{aligned} \phi.R_{nw} &= \phi \times 0,6 \times t_e \times f_{uw} \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 20 \times 490 = 4500,00 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

Tabel 6.30 Hasil tegangan dari output SAP2000

Kombinasi Ultimate	σ_{ijin}	$\sigma_{web\ plate}$	
		S11	S22
1,3D	2900	122,253	510,622
1,3D + 1,8 3CT	2900	209,588	520,737
1,3D + 1,8 6CT	2900	221,801	551,932
1,3D + 1,8 3CT (1)	2900	183,083	508,386
1,3D + 1,8 6CT (1)	2900	192,146	508,386
1,3D + 1,8 3CT + 1,2 W	2900	209,588	520,737
1,3D + 1,8 6CT + 1,2 W	2900	221,801	551,932
1,3D + 1,8 3CT (1) + 1,2 W	2900	183,083	508,386
1,3D + 1,8 6CT (1) + 1,2 W	2900	192,147	508,386
1,3D + EQ X + 0,3EQ Y	2900	195,292	663,172
1,3D + 0,3EQ X + EQ Y	2900	163,077	513,938

Sumber: Hasil Pengolahan Data

Dari hasil kontrol tegangan yang dicek adalah hasil kombinasi yang digunakan dengan dibandingkan dengan σ_{ijin} yang ada pada bahan yaitu BJ 50 didapat untuk gaya tarik terfaktor adalah $663,172 \text{ kg/cm}^2$

$$\begin{aligned} P &= 663,172 \times 294,20 \times 2,0 \\ &= 3902104,4 \text{ kg} \end{aligned}$$

Panjang total las yang dibutuhkan, L_w :

$$L_w = \frac{3902104,4}{1870,722} = 2085,881 \text{ mm}$$

6.5.1.24 Transverse Stiffner 24

Persyaratan ukuran las:

$$\text{Maksimum} = 20 - 1,6 = 18,4 \text{ mm}$$

$$\text{Minimum} = 6 \text{ mm}$$

Gunakan ukuran las 12 mm

$$t_e = 0,707 \times 12 = 8,484 \text{ mm}$$

Kuat rencana las sudut ukuran 12 mm per mm panjang:

$$\begin{aligned} \phi.R_{nw} &= \phi \times 0,6 \times t_e \times f_{uw} \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 8,484 \times 490 = 1870,72 \end{aligned}$$

N/mm

Dan kapasitas las ini tidak boleh melebihi kuat runtuh geser pelat:

$$\begin{aligned} \phi.R_{nw} &= \phi \times 0,6 \times t_e \times f_{uw} \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 20 \times 490 = 4500,00 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

Tabel 6.31 Hasil tegangan dari output SAP2000

Kombinasi Ultimate	σ_{ijin}	$\sigma_{web \text{ plate}}$	
		S11	S22

1,3D	2900	122,253	510,622
1,3D + 1,8 3CT	2900	209,588	520,737
1,3D + 1,8 6CT	2900	221,801	551,932
1,3D + 1,8 3CT (1)	2900	183,083	508,386
1,3D + 1,8 6CT (1)	2900	192,146	508,386
1,3D + 1,8 3CT + 1,2 W	2900	209,588	520,737
1,3D + 1,8 6CT + 1,2 W	2900	221,801	551,932
1,3D + 1,8 3CT (1) + 1,2 W	2900	183,083	508,386
1,3D + 1,8 6CT (1) + 1,2 W	2900	192,147	508,386
1,3D + EQ X + 0,3EQ Y	2900	195,292	663,172
1,3D + 0,3EQ X + EQ Y	2900	163,077	513,938

Sumber: Hasil Pengolahan Data

Dari hasil kontrol tegangan yang dicek adalah hasil kombinasi yang digunakan dengan dibandingkan dengan σ_{ijin} yang ada pada bahan yaitu BJ 50 didapat untuk gaya tarik terfaktor adalah $663,172 \text{ kg/cm}^2$

$$P = 663,172 \times 292,40 \times 2,0 \\ = 387823,0 \text{ kg}$$

Panjang total las yang dibutuhkan, L_w :

$$L_w = \frac{3987823,0}{1870,722} = 2073,119 \text{ mm}$$

6.5.1.25 Transverse Stiffner 25

Persyaratan ukuran las:

$$\text{Maksimum} = 20 - 1,6 = 18,4 \text{ mm}$$

$$\text{Minimum} = 6 \text{ mm}$$

Gunakan ukuran las 12 mm

$$t_e = 0,707 \times 12 = 8,484 \text{ mm}$$

Kuat rencana las sudut ukuran 12 mm per mm panjang:

$$\begin{aligned}\phi.R_{nw} &= \phi \times 0,6 \times t_e \times f_{uw} \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 8,484 \times 490 = 1870,72 \\ &\text{N/mm}\end{aligned}$$

Dan kapasitas las ini tidak boleh melebihi kuat runtuh geser pelat:

$$\begin{aligned}\phi.R_{nw} &= \phi \times 0,6 \times t_e \times f_{uw} \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 20 \times 490 = 4500,00 \text{ N/mm}\end{aligned}$$

Tabel 6.32 Hasil tegangan dari output SAP2000

Kombinasi Ultimate	σ_{ijin}	$\sigma_{web\ plate}$	
		S11	S22
1,3D	2900	122,253	510,622
1,3D + 1,8 3CT	2900	209,588	520,737
1,3D + 1,8 6CT	2900	221,801	551,932
1,3D + 1,8 3CT (1)	2900	183,083	508,386
1,3D + 1,8 6CT (1)	2900	192,146	508,386
1,3D + 1,8 3CT + 1,2 W	2900	209,588	520,737
1,3D + 1,8 6CT + 1,2 W	2900	221,801	551,932
1,3D + 1,8 3CT (1) + 1,2 W	2900	183,083	508,386
1,3D + 1,8 6CT (1) + 1,2 W	2900	192,147	508,386
1,3D + EQ X + 0,3EQ Y	2900	195,292	663,172
1,3D + 0,3EQ X + EQ Y	2900	163,077	513,938

Sumber: Hasil Pengolahan Data

Dari hasil kontrol tegangan yang dicek adalah hasil kombinasi yang digunakan dengan dibandingkan dengan σ_{ijin} yang ada pada bahan yaitu BJ 50 didapat untuk gaya tarik terfaktor adalah 663,172 kg/cm²

$$\begin{aligned}P &= 663,172 \times 292,10 \times 2,0 \\ &= 387425,1 \text{ kg}\end{aligned}$$

Panjang total las yang dibutuhkan, L_w :

$$L_w = \frac{387425,1}{1870,722} = 2070,992 \text{ mm}$$

6.5.2 Sambungan Las pada Web Longitudinal Stiffner

Web Longitudinal Stiffner pada *steel-concrete composite box girder bridges* direncanakan pada *midpoint* dari *web plate*. Adapun untuk sambungan pada stiffner direncanakan dengan las. Adapun dari macam-macam las yang sering ditemui.

6. Sambungan sebidang (Butt joint), sambungan ini umumnya dipakai untuk pelat-pelat datar dengan ketebalan sama atau hampir sama, keuntungan sambungan ini adalah tak adanya eksentrisitas. Ujung-ujung yang hendak disambung harus dipersiapkan terlebih dahulu (diratakan atau dimiringkan) dan elemen yang disambung harus dipertemukan secara hati-hati.
7. Sambungan lewatan (lap joint), jenis sambungan ini paling banyak dijumpai karena sambungan ini mudah disesuaikan keadaan di lapangan dan juga penyambungannya relatif lebih mudah. Juga cocok untuk tebal pelat yang berlainan.
8. Sambungan tegak (tee joint), sambungan ini banyak dipakai terutama untuk membuat penampang tersusun seperti bentuk I, pelat girder, dan stiffner.
9. Sambungan sudut (corner joint), dipakai untuk penampang tersusun berbentuk kotak yang digunakan untuk kolom atau balok yang menerima pembebanan torsi yang besar.

10. Sambungan sisi (edge joint), sambungan ini bukan jenis struktural dan digunakan untuk menjaga agar dua atau lebih pelat tidak bergeser satu dengan yang lainnya.

6.5.2.1 Web Longitudinal Stiffner

Persyaratan ukuran las:

$$\text{Maksimum} = 20 - 1,6 = 18,4 \text{ mm}$$

$$\text{Minimum} = 6 \text{ mm}$$

Gunakan ukuran las 12 mm

$$t_e = 0,707 \times 12 = 8,484 \text{ mm}$$

Kuat rencana las sudut ukuran 12 mm per mm panjang:

$$\begin{aligned} \phi.R_{nw} &= \phi \times 0,6 \times t_e \times f_{uw} \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 8,484 \times 490 = 1870,72 \\ &\text{N/mm} \end{aligned}$$

Dan kapasitas las ini tidak boleh melebihi kuat runtuh geser pelat:

$$\begin{aligned} \phi.R_{nw} &= \phi \times 0,6 \times t_e \times f_{uw} \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 20 \times 490 = 4500,00 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

Tabel 6.32 Hasil tegangan dari output SAP2000

Kombinasi Ultimate	σ_{ijin}	$\sigma_{web \text{ plate}}$	
		S11	S22
1,3D	2900	449,344	533,573
1,3D + 1,8 3CT	2900	832,632	932,529
1,3D + 1,8 6CT	2900	880,007	980,121
1,3D + 1,8 3CT (1)	2900	718,194	778,135

1,3D + 1,8 6CT (1)	2900	748,318	802,588
1,3D + 1,8 3CT + 1,2 W	2900	832,623	1276,508
1,3D + 1,8 6CT + 1,2 W	2900	880,007	1340,096
1,3D + 1,8 3CT (1) + 1,2 W	2900	718,194	1153,985
1,3D + 1,8 6CT (1) + 1,2 W	2900	748,318	1198,896
1,3D + EQ X + 0,3EQ Y	2900	981,469	1537,382
1,3D + 0,3EQ X + EQ Y	2900	2220,932	2255,317

Sumber: Hasil Pengolahan Data

Dari hasil kontrol tegangan yang dicek adalah hasil kombinasi yang digunakan dengan dibandingkan dengan σ_{ijin} yang ada pada bahan yaitu BJ 50 didapat untuk gaya tarik terfaktor adalah $751,772 \text{ kg/cm}^2$

$$\begin{aligned}
 P &= 751,772 \times 240,00 \times 2,0 \\
 &= 360850,7 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Panjang total las yang dibutuhkan, L_w :

$$L_w = \frac{360850,7}{1870,722} = 2314,726 \text{ mm}$$

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB VII PERLETAKKAN

7.1 Perencanaan Perletakan Sendi

Direncanakan perletakan baja

- Mutu baja = BJ 50 ($f_y = 290 \text{ MPa}$; $f_u = 500 \text{ MPa}$)
- Mutu beton= K-500 = $416,5 \text{ kg/cm}$

Pada konstruksi jembatan Kutai Kartanegara ini menggunakan perletakan sendi dan rol. Untuk jenis ukuran dari kursi penumpu engsel dan rol dapat ditentukan menurut cara yang di berikan oleh Muller – Breslau berdasarkan literatur Djembatan , Ir.H.J.Struyk hal 249.

Tabel 7.1 Muller – Breslau

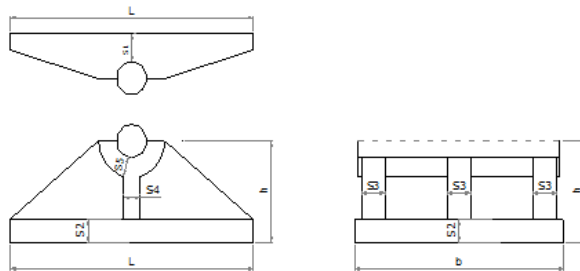
$\frac{h}{S_2}$	$\frac{b}{aS_3}$	W
3	4	$0,2222 ah^2S_3$
4	4,2	$0,2251 ah^2S_3$
5	4,6	$0,2236 ah^2S_3$
6	5	$0,2315 ah^2S_3$

Jika jumlah rusuk = a maka , S_2 dan S_3 dapat ditentukan dari daftar di atas. Perbandingan $\frac{h}{S_2}$

hendaknya diambil antara 3 dan 5, sedangkan tebal $S_4 =$

$\frac{h}{6}$ dan $S_5 = \frac{h}{4}$ dan untuk mencari nilai $S_1 =$.

$\frac{1}{2} \sqrt{\frac{3PI}{b\sigma_b}}$ adapun sketsa perletakan seperti gambar di bawah ini



Gambar 7.1 Detail perletakan sendi

Dari hasil analisa SAP 2000 didapatkan reaksi perletakan.

- $H = 283518,4 \text{ kg} \rightarrow 1,3D + 1,8 \text{ 6CT} + 1,2 \text{ W}$
- $V = 640625,9 \text{ kg} \rightarrow 1,3D + 1,8 \text{ 6CT} + 1,2 \text{ W}$

• Luas alas kursi / bantalan

$$F = \frac{640625,9}{417} = 1538,12 \text{ cm}^2$$

Direncanakan $L = 50 \text{ cm}$, maka

$$b = \frac{F}{L} = \frac{1538,12}{50} = 30,76 \text{ cm}$$

Ambil $b = 50 \text{ cm}$

Direncanakan dimensi bantalan dengan panjang (L) = 50 cm dan lebar (b) = 50 cm, serta bantalan landasan yang berbatasan langsung dengan beton. Maka ukuran – ukuran dari perletakan dapat ditentukan :

• Tebal kursi dan bantalan

$$\begin{aligned} S_1 &= 0,5 \times \sqrt{\frac{3 \times V \times L}{b \times f_y}} \\ &= 0,5 \times \sqrt{\frac{3 \times 640625,9 \times 50}{50 \times 2900}} \end{aligned}$$

$$= 12,87163984 \text{ cm}$$

Ambil $S_1 = 10 \text{ cm}$

$$W \times \sigma_{\text{baja}} = M_{\text{max}}$$

$$M_{\text{max}} = \frac{V}{2} \times \frac{b}{4} = \frac{6406259}{2} \times \frac{50}{4}$$

$$= 4003911,88 \text{ kgcm}$$

$$W = \frac{M_{\text{max}}}{\sigma_{\text{baja}}} = \frac{4003911,88}{2900} = 1380,66 \text{ cm}^3$$

a direncanakan 3 (tiga) buah

dari Tabel 9.1 diambil nilai $\frac{h}{s2} = 4$, jadi $\frac{b}{a.S_3}$

=4,2 dan $W = 2293.42 \text{ ah}^2 S_3$, maka:

$$S_3 = \frac{b}{a \times 4,2} = \frac{50}{3 \times 4,2} = 3,968 = 5 \text{ cm}$$

$$h^2 = \frac{W}{0,2251 \times a \times S_3} = \frac{1380,66}{0,2551 \times 3 \times 5} = 408,902$$

$$h = 20,221 \text{ cm} \quad \text{dipakai } 20 \text{ cm}$$

$$S_2 = \frac{h}{4} = \frac{20}{4} = 5 \text{ cm} \quad \text{dipakai } 5 \text{ cm}$$

$$S_4 = \frac{h}{6} = \frac{20}{6} = 3,33 \text{ cm} \quad \text{dipakai } 5 \text{ cm}$$

$$S_5 = \frac{h}{4} = \frac{20}{4} = 5 \text{ cm} \quad \text{dipakai } 5 \text{ cm}$$

Dari hasil perhitungan didapatkan :

$$S_1 = \text{tinggi pelat penumpu atas sendi} = 10 \text{ cm}$$

$$S_2 = \text{tebal pelat pemumpu perletakan} = 5 \text{ cm}$$

$$S_3 = \text{tebal pelat penyokong Vertikal} = 5 \text{ cm}$$

$$S_4 = \text{tebal pelat vertikal penumpu} = 5 \text{ cm}$$

$$S_5 = \text{tebal pelat lengkung penumpu} = 5 \text{ cm}$$

- Perhitungan diameter engsel

Didapatkan $L = 50 \text{ cm}$

$$r = 0,8 \times \frac{V}{\sigma_{baja} \times L} = 0,8 \times \frac{6406259}{2900 \times 50} = 3,534 \text{ cm}$$

diambil, $r = 10 \text{ cm}$

$$d_1 = 2 \times r = 2 \times 10 = 20 \text{ cm}$$

$$d_2 = d_1 + (2 \times 2,5) = 20 + (2 \times 2,5) = 26 \text{ cm}$$

$$d_3 = \frac{d_2}{4} = 6,5 \text{ cm} \sim 7 \text{ cm}$$

- Kontrol Kekuatan Engsel

Syarat : \rightarrow Engsel harus mampu menahan geser

$$(a.S_3) \cdot d_1 \cdot f_y > V$$

$$(3 \times 5) \times 20 \times 290 > 640625,9$$

$$870000 \text{ kg} > 640625,9 \text{ kg} \dots \text{OK!}$$

- Perhitungan Pengangkuran Sendi

$$H = 283518,4 \text{ kg} \rightarrow 1,3D + 1,8 \text{ 6CT} + 1,2W$$

Mutu baut A490

$$f_y = 825 \text{ MPa}$$

$$f_u = 1035 \text{ MPa}$$

$$d_b = 22 \text{ mm} \rightarrow \text{M-22}$$

Mutu pelat BJ-50

$$f_y = 290 \text{ MPa}$$

$$f_u = 500 \text{ MPa}$$

$$t_p = 50 \text{ mm}$$

- Kekuatan geser baut

$$V_d / \Omega = (0,4 \times f_{ub} \times m \times A_b) / \Omega$$

$$\begin{aligned}
 &= (0,4 \times 10.350 \times 1 \times (\pi/4 \times 2.2)^2 / 2 \\
 &= 7868,75 \text{ kg} \quad (\text{menentukan})
 \end{aligned}$$

- Kekuatan tumpu baut

$$\begin{aligned}
 R_d &= (2,4 \times d_b \times t_p \times f_{up}) / 2 \\
 &= (2,4 \times 2.2 \times 5 \times 5000) / 2 \\
 &= 66000 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$V_d = 7868,75 \text{ kg} \text{ (diambil yang terkecil)}$$

Jumlah baut yang diperlukan

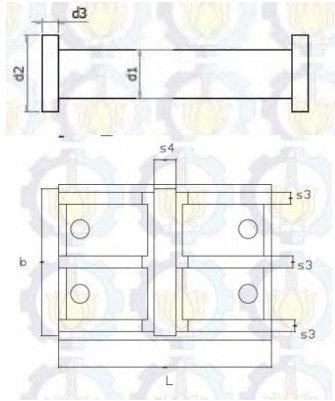
$$n = \frac{V_u}{V_d} = \frac{283518,4}{7868,75} = 37 \text{ baut}$$

Syarat jarak baut berdasarkan segi pelaksanaan :

$$\begin{aligned}
 3d_b &\leq S \leq 15t_p \\
 1,5d_b &\leq S_1 \leq (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm} \\
 1,25d_b &\leq S_2 \leq 12t_p \text{ atau } 150 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Jadi :

$$\begin{aligned}
 66 \text{ mm} &\leq 100 \leq 750 \text{ mm} \\
 33 \text{ mm} &\leq 50 \leq 300 \text{ mm atau } 200 \text{ mm} \\
 27.5 \text{ mm} &\leq 50 \leq 600 \text{ mm atau } 150 \text{ mm}
 \end{aligned}$$



Gambar 7.2 Detail perletakan pen sendi dan letak baut angker

7.2

Perencanaan Perletakan Rol

Direncanakan perletakan baja

- Mutu baja = BJ 50 ($f_y = 290 \text{ MPa}$; $f_u = 500 \text{ MPa}$)
- Mutu beton = K-500 = $416,5 \text{ kg/cm}$

Dari hasil analisa SAP 2000 didapatkan reaksi :

$$H = 0 \text{ kg}$$

$$V = 738437,1 \text{ kg} \rightarrow 1,3D + 18 \text{ 6CT} + 1,2W$$

- Luas alas kursi / bantalan

$$F = \frac{V}{\sigma' b} = \frac{738437,1}{2900} = 1772,96 \text{ cm}^2$$

$$b = \frac{F}{L} = \frac{1772,96}{50} = 35,46$$

Ambil $b = 50 \text{ cm}$

$L = 50 \text{ cm}$

- Tebal kursi dan bantalan

$$S_1 = 0,5 \times \sqrt{\frac{3 \times V \times L}{b \times f_y}}$$

$$= 0,5 \times \sqrt{\frac{3 \times 738437,1 \times 50}{35,46 \times 2900}} = 13,81937452 \text{ cm}$$

Ambil $S_1 = 14 \text{ cm}$

- Garis tengah gelinding

Direncanakan jari-jari gelinding (r_1) = 10 cm

$$B = \frac{1}{2 \times r_1} = 0,05 \text{ cm}$$

$$\gamma^2 = 0,75 \times 10^6 \times \frac{V \cdot B}{L}$$

$$= 0,75 \times 10^6 \times \frac{738437,1 \times 0,05}{50}$$

$$= 553827825 \text{ kg/cm}^3$$

$$d_4 = \frac{0,75 \times 10^6 \times V}{L \times \gamma^2} = \frac{0,75 \times 10^6 \times 738437,1}{50 \times 553827825}$$

$$= 20 \text{ cm}$$

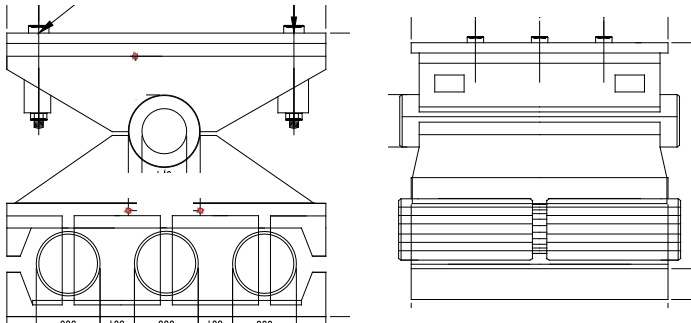
dipakai 3 buah gelinding, maka

$$d_4 = \frac{20}{3} = 6,67 \text{ cm}$$

maka diambil $d_4 = 7 \text{ cm}$

$$d_5 = d_4 + (2 \times 2,5) = 7 + (2 \times 2,5) = 12 \text{ cm}$$

d_6 ambil 5 cm



Gambar 9.3 Perletakan rol

- Perhitungan Pengangkuran Perletakan Rol

$$H = 492291,4 \text{ kg}$$

Mutu baut A490

$$f_y = 825 \text{ MPa}$$

$$f_u = 1.035 \text{ MPa}$$

$$d_b = 22 \text{ mm}$$

Mutu pelat BJ-50

$$f_y = 410 \text{ MPa}$$

$$f_u = 550 \text{ MPa}$$

$$t_p = 50 \text{ mm}$$

- Kekuatan geser baut

$$\begin{aligned} V_d &= (0,4 \times f_{ub} \times m \times A_b)/2 \\ &= (0,4 \times 10.350 \times 1 \times (\pi/4 \times 2,2^2))/2 \\ &= 7868,75 \text{ kg} \quad (\text{menentukan}) \end{aligned}$$

- Kekuatan tumpu baut

$$\begin{aligned} R_d &= (2,4 \times d_b \times t_p \times f_{up})/\Omega \\ &= (2,4 \times 6,4 \times 5 \times 5000)/2 \\ &= 72600 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$V_d = 7868,75 \text{ kg} \text{ (diambil yang terkecil)}$$

Jumlah baut yang diperlukan

$$- \quad n = \frac{V_u}{V_d} = \frac{492291,4}{7868,75} = 63 \text{ buah}$$

Syarat jarak baut berdasarkan segi pelaksanaan :

$$3d_b \leq S \leq 15t_p$$

$$1,5d_b \leq S_1 \leq (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$1,25d_b \leq S_2 \leq 12t_p \text{ atau } 150 \text{ mm}$$

Jadi :

$$66 \text{ mm} \leq 100 \leq 750 \text{ mm}$$

$$33 \text{ mm} \leq 50 \leq 300 \text{ mm atau } 200 \text{ mm}$$

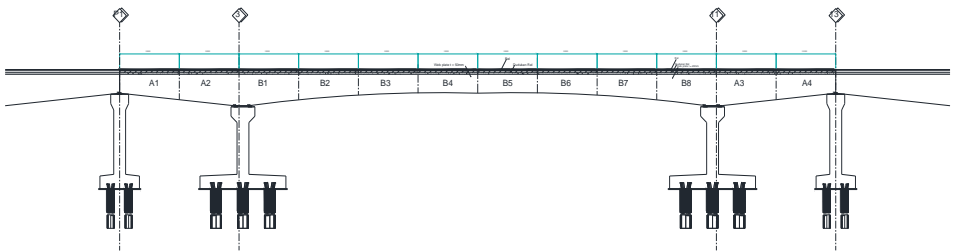
$$27.5 \text{ mm} \leq 50 \leq 600 \text{ mm atau } 150 \text{ mm}$$

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB VIII STRUKTUR BANGUNAN BAWAH

8.1 Data Umum Perencanaan Bangunan Bawah

Elemen bangunan bawah jembatan yang berfungsi untuk menyalurkan beban-beban dari bangunan atas ke pondasi jembatan adalah abutment dan pilar. Adapun letak dari konfigurasi dari perencanaan penempatan bangunan bawah yang terdiri dari 4 pilar direncanakan berdasarkan gambar dibawah ini.



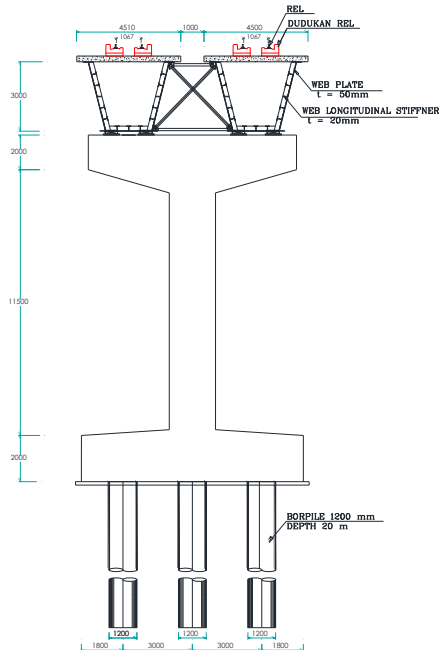
Gambar 8.1 Rencana Penempatan Pier

8.2 Perencanaan Pilar dan Pondasi

8.2.1 Perencanaan Pilar P1

Adapun rencana dimensi dari masing-masing bagian pada pilar P1.

- Pilehead = 2 x 4 m
- Kolom = 2 x 2 m
- Poer = 6,6 x 9,6 m



Gambar 8.2 Tampak Melintang Pilar P1

8.2.1.1 Analisis Pembebanan

Analisa untuk struktur *steel concrete-composite box girder* menggunakan alat bantu program SAP2000 v14.2.2 sehingga didapat untuk.

- *Beban reaksi perletakan*

Beban ini diambil dari output join reaction hasil pembebanan beban mati dan beban hidup yang nantinya akan ditransfer pada pilecap pilar.

Tabel 8.1 Hasil Reaksi Dari Perletakan dari Bangunan Atas

Jenis Reaksi Beban	R_{v1}	R_{v2}	R_{v3}	R_{v4}
Total DL	24,4	24,4	24,4	24,4
Total LL	-25,98	-25,98	-25,98	-25,98

Sumber: Hasil Pengolahan Data

- *Beban Angin*

- *Beban Gempa*

8.2.1.2 Dimensi Pilar P1

Dalam perencanaan pilar P1 direncanakan terdiri 3 bagian yaitu pilecap, badan pilar dan poer. Adapun untuk analisis pembebanan untuk pilar terdiri atas beban berat bangunan atas, beban kereta INKA, beban mati pilar, beban angin, dan beban gempa dan yang nantinya akan dibantu dari hasil output program SAP2000 v14.2.2.

8.2.1.3 Data Bangunan Atas

Tipe = *Steel-concrete composite box girder*
 Bentang = 20 m
 Lebar = 1 span (3,5 m)

8.2.1.4 Rencana Mutu Bahan

Mutu bahan	= K-500 ($f'c = 41,7$ Mpa)
Mutu baja	= BJ 41 ($f_u = 410$ Mpa, $f_y = 250$ Mpa)
Jenis pondasi	= Tiang pancang borpile
Ø pondasi	= 120 cm

8.2.1.5 Perhitungan Daya Dukung Tiang Kelompok

Untuk menghitung daya dukung tiang kelompok, direncanakan konfigurasi dan koefisien efisiensinya. Perumusan untuk mencari daya dukung tiang kelompok adalah sebagai berikut:

Direncanakan pondasi tiang pancang Ø 120 cm dengan konfigurasi 2 x 3.

Syarat :

Syarat S (jarak antar tiang panjang) :

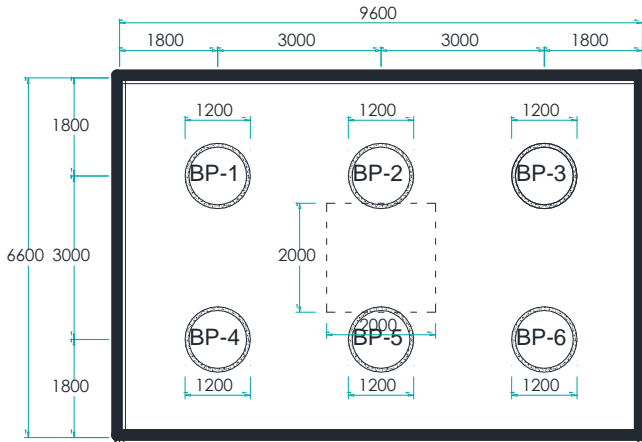
$$\begin{array}{rclclcl} 2,5D & \leq & S & \leq & 3D \\ 2,5 \times 120 & \leq & S & \leq & 3 \times 120 \\ 300 \text{ cm} & \leq & S & \leq & 360 \text{ cm} \end{array}$$

Koefisien efisiensi menggunakan perumusan :

$$\eta = 1 - \theta \left[\frac{(n-1)m + (m-1)n}{90 mn} \right]$$

Dimana :

$$\begin{array}{rcl} \theta & = & \text{arc tg } d/s = \text{arc tg } 100/250 = 21,812^\circ \\ d & = & \text{diameter tiang pancang} = 120 \text{ cm} \\ s & = & \text{jarak antara tiang pancang} = 250 \text{ cm} \\ n & = & \text{banyaknya tiang pancang per kolom} = 2 \\ m & = & \text{banyaknya tiang pancang per baris} = 3 \\ \eta & = & 0,962 \end{array}$$



Gambar 8.3 Rencana konfigurasi tiang borpile 1200 mm untuk pilar P1

8.2.1.6 Perhitungan Daya Dukung Batas Pondasi

Daya dukung batas atas atau daya dukung ijin pondasi dianalisa berdasarkan 2 kondisi yaitu daya dukung batas atas akibat beban vertikal (berupa gaya tekan dan cabut) dan daya dukung batas akibat beban horisontal. Berikut tabel mengenai daya dukung tiang berdasarkan dari lapisan tanah.

Tabel 8.2 Perhitungan gaya spring yang terjadi pada tiang borpile 1200mm

Σli.fi	Depth	La	N Rata ²	Eo	D ^{-3/4}	Ko	K	L	Spring	
	(m)	(m)		(kg/cm ²)	(cm)	(kg/cm ³)	(kg/cm ³)	cm	(kg/cm)	(kg/cm)
0,0	1	0,5	0	0,0	0,032	0,000	0,000	100,000	0,000	0,000
0,4	2	1,5	2	56,0	0,032	0,354	0,354	100,000	3541,751	354,175
4,0	3	2,5	4	112,0	0,032	0,708	0,708	100,000	7083,502	708,350
6,0	4	3,5	6	168,0	0,032	1,063	1,063	100,000	10625,253	1062,525
8,0	5	4,5	8	224,0	0,032	1,417	1,417	100,000	14167,004	1416,700
2,2	6	6,5	11	308,0	0,032	1,948	1,948	100,000	19479,630	1947,963
2,8	7	7,5	14	392,0	0,032	2,479	2,479	100,000	24792,257	2479,226
3,1	8	8,5	15,5	434,0	0,032	2,745	2,745	100,000	27448,570	2744,857
3,4	9	9,5	17	476,0	0,032	3,010	3,010	100,000	30104,883	3010,488
3,8	10	10,5	19	532,0	0,032	3,365	3,365	100,000	33646,634	3364,663
4,2	11	11,5	21	588,0	0,032	3,719	3,719	100,000	37188,385	3718,839
3,7	12	12,5	18,5	518,0	0,032	3,276	3,276	100,000	32761,197	3276,120
3,2	13	13,5	64,5	1806,0	0,032	11,422	11,422	100,000	114221,469	11422,147
10,0	14	14,5	113	3164,0	0,032	20,011	20,011	100,000	200108,930	20010,893
10,0	15	15,5	86,5	2422,0	0,032	15,318	15,318	100,000	153180,730	15318,073
10,0	16	16,5	60	1680,0	0,032	10,625	10,625	100,000	106252,529	10625,253
10,0	17	17,5	60	1680,0	0,032	10,625	10,625	100,000	106252,529	10625,253
10,0	18	18,5	60	1680,0	0,032	10,625	10,625	100,000	106252,529	10625,253
10,0	19	19,5	60	1680,0	0,032	10,625	10,625	100,000	106252,529	10625,253
10,0	20	20,5	60	1680,0	0,032	10,625	10,625	100,000	106252,529	10625,253
10,0	21	21,5	60	1680,0	0,032	10,625	10,625	100,000	106252,529	10625,253
10,0	22	22,5	60	1680,0	0,032	10,625	10,625	100,000	106252,529	10625,253

10,0	23	23,5	60	1680,0	0,032	10,625	10,625	100,000	106252,529	10625,253
10,0	24	24,5	60	1680,0	0,032	10,625	10,625	100,000	106252,529	10625,253
10,0	25	25,5	60	1680,0	0,032	10,625	10,625	100,000	106252,529	10625,253
10,0	26	26,5	60	1680,0	0,032	10,625	10,625	100,000	106252,529	10625,253
10,0	27	27,5	55	1540,0	0,032	9,740	9,740	100,000	97398,152	9739,815
10,0	28	28,5	60	1680,0	0,032	10,625	10,625	100,000	106252,529	10625,253
10,0	29	29,5	60	1680,0	0,032	10,625	10,625	100,000	106252,529	10625,253
10,0	30	30,5	60	1680,0	0,032	10,625	10,625	100,000	106252,529	10625,253
224,8										

Sumber: Hasil Pengolahan Data

Dari hasil penyelidikan lapangan dan laboratorium yang dilakukan oleh badan pemeriksaan tanah diketahui jenis tanah pada lokasi jembatan rencana ini dominan lempung berlanau berpasir. Adapun langkah-langkah perhitungan daya dukung yang bekerja pada tiang borpile diuraikan dibawah ini.

Sumber: Kazuto Nakazawa – Suyono Sosrodarsono (Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi-1990, Judul Asli: Soil Engineering And Foundation Engineering).

Tiang Borpile D-1200 mm

- Menentukan panjang ekivalen penetrasi tiang

Data Perencanaan :

D tiang borpile	= 120	cm
A tiang borpile	= 11309,73	cm ²
O tiang borpile	= 376,991	cm
P tiang pancang	= 2000	cm

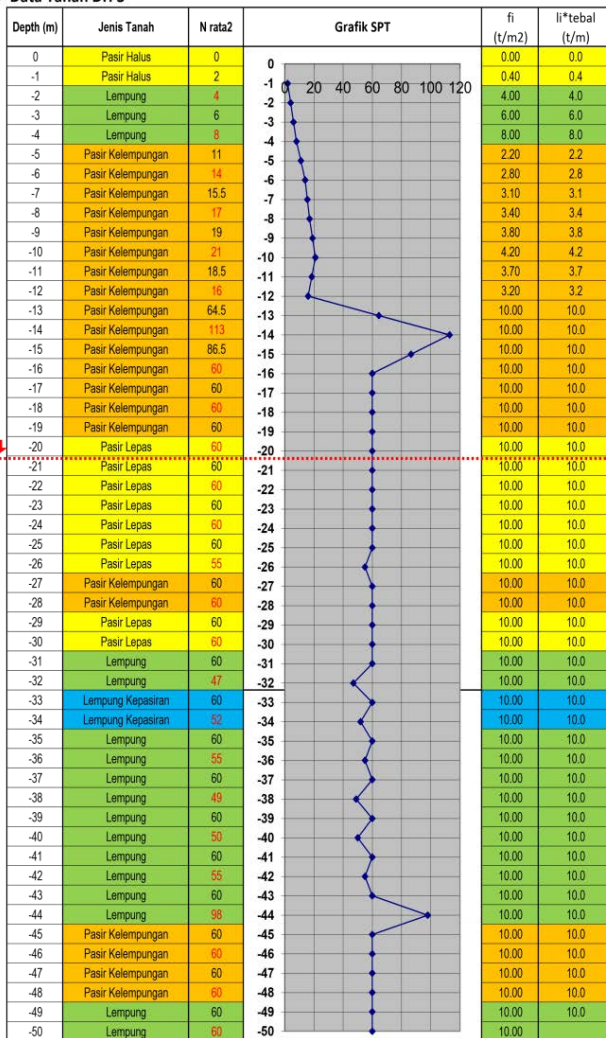
Tabel.8.3 Intensitas gaya geser dinding tiang (fi).

(Satuan : t/m ²)		
Jenis tiang Jenis tanah pondasi	Tiang pracetak	Tiang yang dicor di tempat
Tanah berpasir	$\frac{N}{5} (\leq 10)$	$\frac{N}{2} (\leq 12)$
Tanah kohesif	c atau $N (\leq 12)$	$\frac{c}{2}$ atau $\frac{N}{2} (\leq 12)$

Gambar 8.3 Data tanah

LOKASI : CIBUBUR

♦ Data Tanah DH 3



$N_{\text{ujung tiang}} = 60 \rightarrow \text{kedalaman } 20 \text{ m}$

$N_{\text{rata-rata } 4D \text{ ke atas dari ujung tiang:}}$

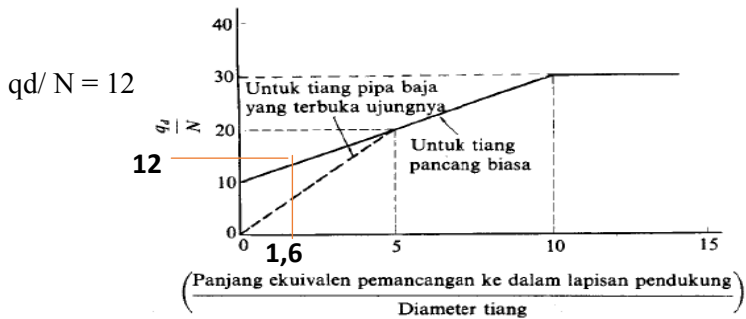
$$4D = 4 \times 1,2 \text{ m} = 4,8 \text{ m}$$

$$N_{\text{rata-rata}} = (60+60+60+60+60)/5 = 60$$

$$\bar{N} = (60+60)/2 = 60$$

Lalu dicari panjang penetrasi berdasarkan grafik SPT, sehingga diperoleh nilai panjang penetrasi sepanjang 1,0 m.

- Daya dukung ujung tiang
 $L/D = 1,9 \text{ m} / 1,2 \text{ m} = 1,60$



Gambar 8.5 Grafik Nilai q_d/N Tiang Borpile D-1200 mm

$$q_d = 12 \times 60 = 720 \text{ t/m}^2$$

Daya Dukung Pada ujung tiang

$$q_d \cdot A = 720 \times 1,13$$

$$= 814,30 \text{ ton}$$

Tabel 8.4 Kapasitas tiang borpile 1200mm

Depth (m)	Kind of Soil	N Average	f _i (t/m ²)	f _i x thickness (li) (t/m)	Σ(f _i *li) (t/m)	P friction (Rf) ton	P bearing (Rt) ton	Pijin Semen tara ton	Pijin Tetap ton
0,00	Soft	0	0	0	0	0,000	0,000	0,000	0,000
-1,00	Soft	2	0,4	0,40	0,40	1,508	27,143	14,326	9,550
-2,00	Soft	4	4,0	4,00	4,40	16,588	54,287	35,437	23,625
-3,00	Soft	6	6	6,00	10,40	39,207	81,430	60,319	40,212
-4,00	Soft	8	8,0	8,00	18,40	69,366	108,573	88,970	59,313
-5,00	Soft	11	2,2	2,20	20,60	77,660	149,288	113,474	75,650
-6,00	Soft	14	2,8	2,80	23,40	88,216	190,004	139,110	92,740
-7,00	Soft	16	3,1	3,10	26,50	99,903	210,361	155,132	103,421
-8,00	Soft	17	3,4	3,40	29,90	112,720	230,719	171,719	114,480
-9,00	Soft	19	3,8	3,80	33,70	127,046	257,862	192,454	128,303
-10,00	Very Stiff	21	4,2	4,20	37,90	142,880	285,005	213,942	142,628
-11,00	Very Stiff	19	3,7	3,70	41,60	156,828	251,076	203,952	135,968
-12,00	Very Hard	65	3,2	3,20	44,80	168,892	875,373	522,133	348,088
-13,00	Very Hard	113	10	10,00	54,80	206,591	1533,600	870,096	580,064
-14,00	Very Hard	87	10	10,00	64,80	244,290	1173,950	709,120	472,747
-15,00	Very Hard	60	10	10,00	74,80	281,989	814,301	548,145	365,430
-16,00	Very Hard	60	10	10,00	84,80	319,688	814,301	566,995	377,996
-17,00	Very Hard	60	10	10,00	94,80	357,388	814,301	585,844	390,563
-18,00	Very Hard	60	10	10,00	104,80	395,087	814,301	604,694	403,129
-19,00	Very Hard	60	10	10,00	114,80	432,786	814,301	623,543	415,696
-20,00	Very Hard	60	10	10,00	124,80	470,485	814,301	642,393	428,262

Gaya Geser Maksimum Dinding Tiang

$$\begin{aligned}
 R_f &= U \cdot \Sigma l_i \cdot f_i \\
 &= 3,14 \times 1,20 \times 124,8 \\
 &= 470,48 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Daya Dukung Tiang Ultimate

Daya dukung tiang ultimate dihitung dengan menggunakan formula:

$$\begin{aligned}
 R_u &= q_d \cdot A + U \cdot \Sigma l_i \cdot f_i \\
 &= 814,30 + 470,48 \\
 &= 1284,79 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Daya Dukung Gaya Vertikal Tiang Tegak

$$\begin{aligned}
 SF &= 3,0 \\
 R_a &= (R_u/SF) \\
 &= (1284,79/3,0) \\
 &= 428,26 \text{ ton/tiang}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 SF &= 2,0 \\
 R_a &= (R_u/SF) \\
 &= (1284,79/2,0) \\
 &= 642,39 \text{ ton/tiang}
 \end{aligned}$$

8.2.1.7 Perhitungan Efisiensi Tiang Borpile

Efisiensi tiang kelompok dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\eta = \frac{2[(m-1).s + (n-1).s] + \pi D}{\pi D.m.n}$$

Dimana:

- η = koefisien efisiensi kelompok tiang pancang
 D = diameter tiang pancang (m)
 s = jarak antar tiang (m)
 m = jumlah tiang dalam satu kolom (buah)
 n = jumlah tiang dalam satu baris (buah)
 η = 0,962

P_{ijin} tiang pancang $\phi 1,2$ m kedalaman 20 m yaitu:

$$P_{ijin \text{ tetap}} = 0,962 \times 428,262 = 412,177 \text{ ton}$$

$$P_{ijin \text{ sementara}} = 0,962 \times 642,39 = 618,265 \text{ ton}$$

8.2.1.8 Kontrol Kekuatan Tiang

- Kontrol terhadap gaya aksial

Didapat untuk hasil output SAP2000 terhadap gaya pada tiang adalah sebagai berikut:

Tabel 8.5 Hasil output SAP2000 dari reaksi tiang borpile 1200mm

Combination	P	V2	V3	T	M2	M3
	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m	Tonf-m
D + DL + LL	-130,447	-0,052	-0,150	0,000	-0,078	-0,357
D + EQ X + 0,3EQ Y	-236,102	-34,838	-10,241	0,000	-66,990	-288,182
D + 0,3EQ X + EQ Y	-263,045	-10,521	-32,422	0,000	-233,522	-87,288
D + DL + LL + EQ X + 0,3EQ Y	-209,150	-34,813	-10,439	0,000	-68,494	-288,139
D + DL + LL + 0,3EQ X + EQ Y	-236,093	-10,497	-32,165	0,000	-235,023	-87,114

Sumber: Hasil Pengolahan Data

Berdasarkan kekuatan bahan

$$\begin{aligned}
 \sigma_b &= 0,33 \times f'_c \\
 &= 0,33 \times 30 \\
 &= 9,9 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol, $F > P_{maks}$

$$\begin{aligned}
 F &= 9,9 \times A \\
 &= 9,9 \times (1/4 \times 3,14 \times 1200^2) \\
 &= 11196636,2 \text{ N} \\
 &= 1119,66 \text{ ton} > 263,093 \text{ ton} \dots \text{OK!}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan daya dukung tanah

$$\begin{aligned}
 P_{ijin \text{ tetap}} &\geq P_{max} \\
 412,177 &\geq 263,093 \dots \text{OK!}
 \end{aligned}$$

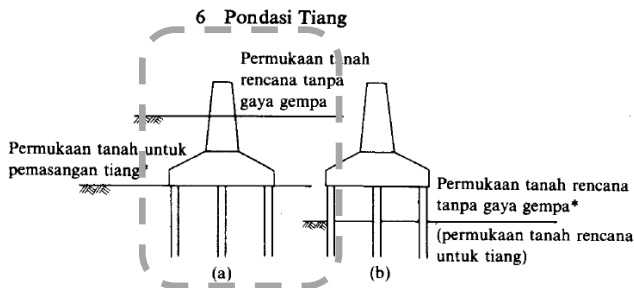
$$\begin{aligned}
 P_{ijin \text{ sementara}} &\geq P_{max} \\
 618,265 &\geq 263,093 \dots \text{OK!}
 \end{aligned}$$

- Kontrol terhadap gaya lateral

Daya dukung mendatar yang diijinkan dapat ditentukan dengan persamaan berikut ini:

Tiang-tiang terbenam di dalam tanah

$$H_a = \frac{k \cdot D}{\beta} \cdot \delta_a$$



*Tempat di mana besarnya perpindahan normal dapat diketahui

Gambar 8.6 Kapasitas daya dukung tanah horizontal

dengan :

H_a = kapasitas daya dukung horisontal tiang

E = modulus elastisitas bahan

I = momen inersia penampang

δ = pergeseran normal (diambil sebesar 1 cm)

k = koefisien reaksi tanah dasar

$$= k_o \cdot y^{-0,5}$$

k_o = $0,2 E_o \cdot D^{-3/4}$ (nilai k apabila pergeseran diambil sebesar 1cm)

y = besarnya pergeseran yang dicari

E_o = modulus elastisitas tanah

$$= 28 \text{ N}$$

h = tinggi tiang yang menonjol di atas permukaan tanah

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{k \cdot D}{4 E I}}$$

- **Kapasitas Daya Dukung Horisontal Tiang Borpile D-1200**

$$E = 4700 \sqrt{f' c}$$

$$= 25742,96 \text{ N/mm}^2$$

$$= 257429,60 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_o = 28 \text{ N}$$

$$= 28 \cdot 120 = 1680 \text{ kg/cm}^2$$

- Pergeseran tiang di dasar pile cap (∂) = 1 cm

$$I = 10173600 \text{ cm}^4$$

$$k = (0,2 \times 1680 \times 120^{-3/4}) \times 1^{-1/2}$$

$$= 9,267 \text{ kg/cm}^3$$

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{9,267 \times 120}{4 \times 257429,60 \times 10173600}}$$

$$= 0,00321 \text{ cm}^{-1}$$

$$I_m = \mu / (2 \cdot \beta)$$

$$= 3,14 / (2 \times 0,00321) = 489,37 \text{ cm}$$

- **Daya Dukung Gaya H Tiang Tegak**

$$\delta = 1,0 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} H_a &= \frac{k \cdot D}{\beta} \cdot \delta a \\ &= \left(\frac{9,267 \times 120}{0,00321} \times 1,00 \right) / 1000 \\ &= 346,46 \text{ ton/tiang} \end{aligned}$$

Gaya lateral yang terjadi untuk masing-masing tiang:

$$SF = 3,0$$

$$H_{ijin} = 115,49 \text{ ton} > H \text{ 1 tiang ...OK!}$$

$$SF = 2,0$$

$$H_{ijin} = 173,23 \text{ ton} > H \text{ 1 tiangOK!}$$

- **Daya dukung tiang terhadap cabut**

Menurut referensi Mekanika Tanah dan Pondasi, Suyono Sosroardsono, Kazuto Nazakawa, perencanaan gaya tarik terhadap tiang adalah dengan cara membagi kekuatan geser maksimum tanah terhadap angka keamanan:

$$SF = 3,0$$

$$R_f = 470,48/3 = 156,826 \text{ ton}$$

Adapun untuk hasil output reaksi SAP2000 tiang untuk borpile mengalami gaya tekan semua dan tidak ada reaksi cabut.

- **Kontrol defleksi**

Defleksi yang terjadi pada tiang dihitung dengan perumusan diambil dari persamaan 2.162 “analisis dan perancangan fondasi bagian II” Hary Christady Hardiyantmo, hal 318 sebagai berikut:

Deflection at head untuk fixed-headed pile,

$$Y = \frac{H(e + Z_f)^3}{12 EI}$$

Kedalaman titik jepit tiang (Z_f) dihitung dengan perumusan:

$$Z_f = 1,8 T = 1,8 \times \sqrt[5]{\frac{EI}{n_h}}$$

$$n_h \text{ untuk lempung} = 350 \text{ kN/m}^3 = 3,50 \text{ kg/cm}^3$$

$$Z_f = 1,8 \times \sqrt[5]{\frac{303505,52 \times 4908738,521}{3,5}}$$

$$= 381,141 \text{ cm} = 3,811 \text{ m}$$

$$Y = \frac{H(e + Z_f)^3}{12 EI}$$

$$= \frac{10,625(0 + 381,141)^3}{12 \times 303505,52 \times 4908738,521}$$

$$= 0,0329 \text{ cm}$$

$$Y < Y_{\text{maks}} = 1 \text{ cm} \rightarrow \dots\dots \text{OK!}$$

8.2.1.9 Perencanaan Penulangan Borpile 1200 mm

Pada penulangan tiang borpile untuk pilar P1 digunakan alat bantu SAP2000. Dengan memasukkan data sebagai berikut:

$$f_c' = 30 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 360 \text{ Mpa}$$

$$\text{Diameter} = 1200 \text{ mm}$$

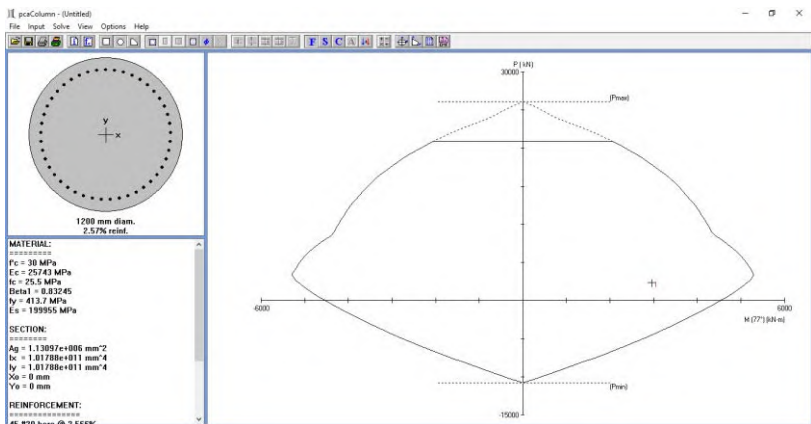
$$\text{Selimut} = 70 \text{ mm}$$

ACI 318-99 COLUMN SECTION DESIGN				Type: Sway Intermediate	Units: N, mm, C	(Summary)
L=20000,000	Element : 4	D=1200,000	dc=128,700			
Station Loc : 3500,000		E=25742,960	Fc=30,000	Lt.Wt. Fac.=1,000		
Section ID : BORPILE 1200mm		Fy=360,000	Fys=360,000	As=28584,7 (Determined)		
Combo ID : COMB2		RLLF=1,000		As=2,527% (Determined)		
Phi(Compression-Spiral):	0,750	Overstrength Factor:	1,25			
Phi(Compression-Tied):	0,700					
Phi(Tension):	0,900					
Phi(Bending):	0,900					
Phi(Shear/Torsion):	0,850					
AXIAL FORCE & BIAxIAL MOMENT DESIGN FOR PU, M2, M3						
	Rebar Area	Design Pu	Design M2	Design M3	Minimum M2	Minimum M3
	28584,691	2114669,898	966882655,	-3449009854	108355685,6	108355685,6

Gambar 8.7 Hasil output SAP 2000 untuk kebutuhan tulangan borpile 1200 mm

Perhitungan penulangan utama

Diperoleh tulangan untuk kebutuhan penulangan borpile 1200mm 45D29: $29723,393 \text{ mm}^2 > 28584,691 \text{ mm}^2$. Adapun pengecekan juga dilakukan dengan menggunakan software bantu Pca Col



Gambar 8.9 Penulangan Borpile 1200 mm dengan Program Pca Col

Kapasitas kekuatan penampang

$$\begin{aligned}
 \emptyset &= 0,75 \\
 \emptyset.P_n &= 0,75 \emptyset (0,85 \times f'_c (A_g - A_{st}) + f_y \times A_{st}) \\
 &= 24723713,5 \text{ N} \\
 &= 2472,371 \text{ ton} > 236,10 \text{ ton} \dots \text{OK!}
 \end{aligned}$$

Tulangan geser

$$\begin{aligned}
 V &= 34,84 \text{ ton} \\
 &= 348380 \text{ N} \\
 D &= 1200 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{u \max} &= 0,2 \times f'_c \times b_w \times d \\
 &= 6785840,132 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\emptyset.V_c = 5089380,099 \text{ N}$$

Kontrol >>> $V_u \leq \emptyset.V_c$ Kehancuran badan tidak akan terjadi masalah

$$\begin{aligned}
 \beta_1 &= (d/2000) > 1.1 \\
 &= 1200/2000 = 0,6 \\
 &= 1.100
 \end{aligned}$$

$$\beta_2 = 1.000$$

$$\beta_3 = 1.000$$

$$\begin{aligned}
 V_{uc} &= \beta_1. \beta_2. \beta_3. b. d. ((A_{st}. f'_c) / (b_v. d_o))^{1/2} \\
 &= 903812,9 \text{ N} \\
 &= 90,3813 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{u_{\min}} &= V_{uc} + 0,6 \times b_w \times d \\
 &= 91,0599 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

$$V_{u_{\min}} \times \phi = 81,9539 \text{ ton}$$

Kontrol >>> $V_{u_{\min}} \times \phi > V_u \dots \text{OK!}$

$$A_{sv}/s = V_{uc}/f_y \times d$$

Diasumsikan jarak tulangan = 200 mm

$$\begin{aligned}
 A_{sv} &= \frac{V_{uc} \times s}{f_y \times d} \\
 &= 167,4 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Maka gunakan tulangan $\emptyset 16-200$

$$A_{st} = 201,06 \text{ mm}^2 > 167,4 \text{ mm}^2 \dots \text{OK!}$$

8.2.1.10 Perencanaan Penulangan Pilar P1

Penulangan Pilehead

Data Perencanaan:

Lebar	= 2000 mm
Panjang	= 9000 mm
Tebal	= 2000 mm
Diameter tulangan utama	= 32 mm
Diameter tulangan pembagi	= 16 mm
Selimut Beton	= 70 mm
f'_c	= K-500 (41,7 Mpa)
f_y	= 360 Mpa
β_1	= 0,77
ρ_b	= 0,061

Didapat hasil output bagian pilecap dari program SAP2000 v14.2.2

$$\begin{aligned}
 M^* &= 709358600 \text{ Nmm} \\
 M^*/bd^2 &= 709358600 \text{ Nmm} / 9000 \text{ mm} \times (1816 \text{ mm})^2 \\
 &= 0,024 \text{ N/mm}^2 \\
 \rho_b &= \left(\frac{0,85 \times f'_c \times \beta_1}{f_y} \right) \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\
 &= \left(\frac{0,85 \times 41,7 \times 0,77}{360} \right) \times \left(\frac{600}{600 + 360} \right) \\
 &= 0,056 \\
 \rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_{\text{balance}} \\
 &= 0,75 \times 0,047 \\
 &= 0,042
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} \\
 &= \frac{1,4}{360} = 0,004 \\
 \rho &= \frac{K_c^R \times f_y - \sqrt{(K_c^R \times f_y)^2 - 2,4 K_c^R \left(\frac{M}{bd^2} \right) \left(\frac{f_y^2}{f_c} \right)}}{1,2 K_c^R \left(\frac{f_y^2}{f_c} \right)} \\
 &= 0,0001
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Syarat : } \quad \rho_{\min} &< \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max} \\
 0,004 &< 0,0001 < 0,042
 \end{aligned}$$

$$\text{Dipakai} \rightarrow \rho_{\min} = 0,004$$

Luas tulangan

$$\begin{aligned}
 \text{As perlu} &= \rho_{\min} \times b \times d \\
 &= 0,004 \times 9000 \times 1816 \\
 &= 71505,00 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Digunakan Tulangan D32-100

$$\begin{aligned}
 \text{As} &= \frac{0,25 \times \pi \times D^3 \times b}{S_{\text{pakai}}} \\
 &= \frac{0,25 \times \pi \times 32^3 \times 9000}{100} \\
 &= 72345,60 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{As tulangan} &> \text{As Perlu} \\
 72345,60 \text{ mm}^2 &> 71505,00 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{OK ..!}
 \end{aligned}$$

Tulangan Memanjang:

$$\begin{aligned}
 \text{Ast} &= 20\% \text{ Tulangan Utama (mm}^2\text{)} \\
 &= 20\% \times 72345,60 \\
 &= 14469,12 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Digunakan Tulangan D16-100

$$\begin{aligned} As &= \frac{0,25 \times \pi \times D^3 \times b}{S_{pakai}} \\ &= \frac{0,25 \times \pi \times 16^3 \times 9000}{100} \\ &= 18086,40 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

As tulangan > As Perlu

$$18086,40 \text{ mm}^2 > 14469,12 \text{ mm}^2$$

Kontrol Geser

$$\begin{aligned} \beta 1 &= (1,4 d/2000) > 1.1 \\ &= 1,4 \cdot 1816/2000 = 0,492 \\ &= 1.100 \\ \beta 2 &= 1.000 \\ \beta 3 &= 1.000 \\ Vuc &= \beta 1. \beta 2. \beta 3. b. d. ((Ast. fc)/(bv. do))^{1/3} \\ &= 4578466,75 \text{ N} > Vu \text{ yang terjadi (OK)} \end{aligned}$$

Penulangan Kolom Pilar

Data Perencanaan:

Lebar	= 2000 mm
Panjang	= 2000 mm
Tebal	= 9500 mm
Diameter tulangan utama	= 32 mm
Diameter tulangan geser	= 16 mm
Selimit Beton	= 70 mm
f'c	= K-500 (41,7 Mpa)
fy	= 360 Mpa

Didapat hasil output bagian kolom pilar dari program SAP2000 v14.2.2 untuk perencanaan kebutuhan tulangan.

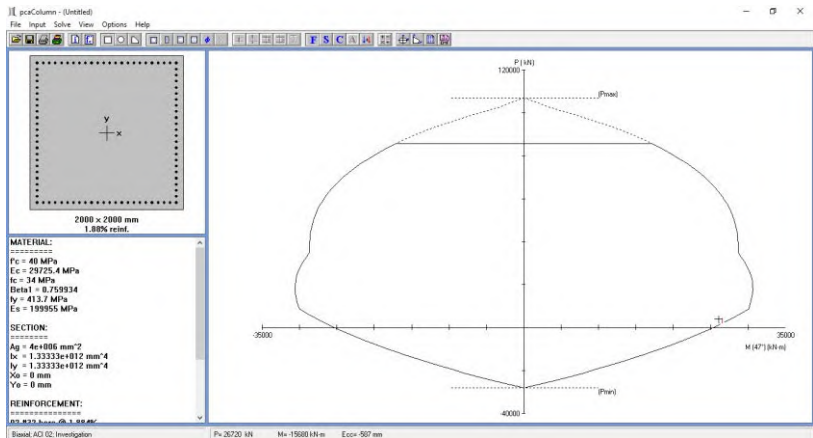
ACI 318-99 COLUMN SECTION DESIGN				Type: Sway Intermediate	Units: N, mm, C (Summary)
L=13500,000					
Element :	45	B=2000,000	D=2000,000	dc=107,026	
Station Loc :	13500,000	E=29725,410	Fc=40,000	Lt.Wt. Fac.=1,000	
Section ID :	PILAR KECIL	Fy=360,000	Fys=360,000	As=71421, (Determined)	
Combo ID :	COMB5	RLLF=1,000		As=1,786% (Determined)	
Phi(Compression-Spiral): 0,750 Overstrength Factor: 1,25					
Phi(Compression-Tied): 0,700					
Phi(Tension): 0,900					
Phi(Bending): 0,900					
Phi(Shear/Torsion): 0,850					
AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN FOR PU, M2, M3					
	Rebar	Design	Design	Design	Minimum
	Area	Pu	M2	M3	M2
	71420,501	360298,418	5201858096	1,876E+10	102348852,9

Gambar 8.10 Hasil Output SAP2000 untuk Kolom Pilar P1

Diperoleh tulangan 90D32

Dengan $A_{st} = 72382,294 \text{ mm}^2 > 71420,501 \text{ mm}^2$

Adapun untuk pengecekan kapasitas penampang tulangan digunakan software Pca Col



Gambar 9.3 Penulangan kolom pilar 2,00 x 2,00 Program Pca Col

Kapasitas kekuatan penampang

$\phi = 0,75$ untuk sengkang persegi

$\phi.P_n = 0,75 \phi (0,85 \times f'_c (A_g - A_{st}) + f_y \times A_{st})$

$$= 210117850,4 \text{ N}$$

$$= 21011,785 \text{ ton} > 394,19 \text{ ton} \dots \text{OK!}$$

Tulangan geser

$$V = 143,808 \text{ ton}$$

$$= 1438080 \text{ N}$$

$$d = 2000 \text{ mm}$$

$$V_{u \max} = 0,2 \times f'_c \times b_w \times d$$

$$= 32000000 \text{ N}$$

$$\emptyset \cdot V_c = 24000000 \text{ N}$$

Kontrol >>> $V_u \leq \emptyset \cdot V_c$ Kehancuran badan tidak akan terjadi masalah

$$\beta_1 = (d/2000) > 1.1$$

$$= 2000/2000 = 1,0$$

$$= 1.100$$

$$\beta_2 = 1.000$$

$$\beta_3 = 1.000$$

$$V_{uc} = \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \beta_3 \cdot b \cdot d \cdot ((A_{st} \cdot f_c) / (b_v \cdot d_o))^{1/2}$$

$$= 3062800,3 \text{ N}$$

$$= 306,2800 \text{ ton}$$

$$V_{u_{\min}} = V_{uc} + 0,6 \times b_w \times d$$

$$= 308,6800$$

$$V_{u_{\min}} \times \phi = 277,8120 \text{ ton}$$

Kontrol >>> $V_{u_{\min}} \times \phi > V_u \dots \text{OK!}$

$$A_{sv}/s = V_{uc}/f_y \times d$$

Diasumsikan jarak tulangan = 100 mm

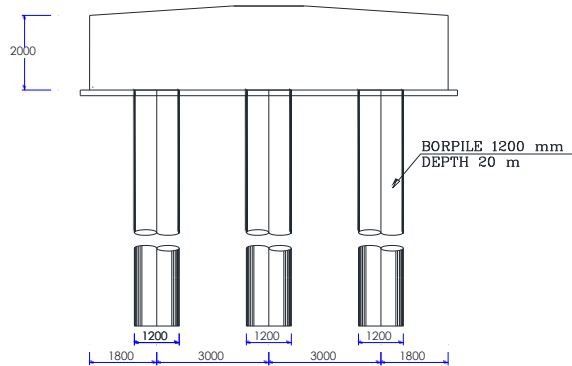
$$A_{sv} = \frac{V_{uc} \times s}{f_y \times d}$$

$$= 425,4 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan jarak tulangan 4Ø16-100

$$A_{st} = 804,25 \text{ mm}^2 > A_{sv} (= 425,4,0 \text{ mm}^2)$$

Penulangan Poer



Gambar 8.12 Penampang Poer

Data Perencanaan:

Lebar	= 6600 mm
Panjang	= 9600 mm
Tebal	= 2000 mm
Diameter tulangan arah x	= 36 mm
Diameter tulangan arah y	= 36 mm
Selimut Beton	= 70 mm
dx	= 1907 mm
dy	= 1871 mm
f'_c	= K-500 (41,7 Mpa)
f_y	= 360 Mpa
β_1	= 0,77
ρ_b	= 0,0502
m	= 10,59

Penulangan arah X

q_u (berat poer) = 46,08 ton/m

$$I = (B_{\text{poer}} - B_{\text{kolom}})/2 = \frac{9,6 - 2}{2} = 3,8 \text{ m}$$

$$q = q_u \times l = 46,08 \text{ ton/m} \times 3,8 \text{ m} = 175,104 \text{ ton}$$

Tabel 8.6 Hasil output reaksi dari SAP2000 untuk borpile 1200mm

Combination	P	V2	V3	T	M2	M3
	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m	Tonf-m
D + DL + LL	-130,447	-0,052	-0,150	0,000	-0,078	-0,357
D + EQ X + 0,3EQ Y	-236,102	-34,838	-10,241	0,000	-66,990	-288,182
D + 0,3EQ X + EQ Y	-263,045	-10,521	-32,422	0,000	-233,522	-87,288
D + DL + LL + EQ X + 0,3EQ Y	-209,150	-34,813	-10,439	0,000	-68,494	-288,139
D + DL + LL + 0,3EQ X + EQ Y	-236,093	-10,497	-32,165	0,000	-235,023	-87,114

$$\begin{aligned} \text{Diambil } P_{\text{max}} &= 236093 \text{ kg} \\ n \text{ (jumlah tiang borpile)} &= 6 \text{ buah} \\ P_{\text{tot}} &= P_{\text{max}} \times n = 236093 \text{ kg} \times 6 \\ &= 1416558 \text{ kg} \\ \text{Momen yang terjadi} &= M_q - M_p \\ &= (q \times \frac{1}{2} I) - (P \times \text{jarak borpile ke kolom}) \\ &= 5050,2228 \text{ tonm} \\ &= 50502228000 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= 50502228000/0,8 \\ &= 63127785000 \text{ Nmm} \\ R_n &= M_n/b \cdot dx^2 \\ &= 1,808 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \left(\frac{0,85 \times f'_c \times \beta_1}{f_y} \right) \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \left(\frac{0,85 \times 41,7 \times 0,77}{360} \right) \times \left(\frac{600}{600 + 360} \right) \\ &= 0,0502 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\max} &= 0.75 \cdot \rho_{\text{balance}} \\ &= 0.75 \times 0,0502 \\ &= 0,038\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{360} = 0,0039\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= 0,00512\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Syarat : } \quad &\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max} \\ &0,004 < 0,0052 < 0,036\end{aligned}$$

$$\text{Dipakai} \rightarrow \rho_{\min} = 0,0052$$

Luas tulangan

$$\begin{aligned}\text{As perlu} &= \rho_{\min} \times b \times d \\ &= 0,0052 \times 9600 \times 1907 \\ &= 94537,847 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Digunakan Tulangan D36-100

$$\begin{aligned}\text{As} &= \frac{0,25 \times \pi \times D^3 \times b}{S_{\text{pakai}}} \\ &= \frac{0,25 \times \pi \times 36^3 \times 9600}{100} \\ &= 97716,098 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{As tulangan} &> \text{As Perlu} \\ 97716,098 \text{ mm}^2 &> 94537,847 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{OK ...!}\end{aligned}$$

Penulangan arah Y

$$\text{qu (berat poer)} = 46,08 \text{ ton/m}$$

$$I = (B_{\text{poer}} - B_{\text{kolom}})/2 = \frac{9,6 - 2}{2} = 2,3 \text{ m}$$

$$q = q_u \times l = 46,08 \text{ ton/m} \times 2,3 \text{ m} = 105,984 \text{ ton}$$

Tabel 8.7 Hasil output reaksi dari SAP2000 untuk borpile 1200mm

Combination	P	V2	V3	T	M2	M3
	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m	Tonf-m
D + DL + LL	-130,447	-0,052	-0,150	0,000	-0,078	-0,357
D + EQ X + 0,3EQ Y	-236,102	-34,838	-10,241	0,000	-66,990	-288,182
D + 0,3EQ X + EQ Y	-263,045	-10,521	-32,422	0,000	-233,522	-87,288
D + DL + LL + EQ X + 0,3EQ Y	-209,150	-34,813	-10,439	0,000	-68,494	-288,139
D + DL + LL + 0,3EQ X + EQ Y	-236,093	-10,497	-32,165	0,000	-235,023	-87,114

$$\begin{aligned} \text{Diambil } P_{\text{max}} &= 236093 \text{ kg} \\ n \text{ (jumlah tiang borpile)} &= 6 \text{ buah} \\ P_{\text{tot}} &= P_{\text{max}} \times n = 236093 \text{ kg} \times 6 \\ &= 1416558 \text{ kg} \\ \text{Momen yang terjadi} &= M_q - M_p \\ &= (q \times \frac{1}{2} I) - (P \times \text{jarak borpile ke kolom}) \\ &= 964,1462 \text{ tonm} \\ &= 9641462000 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= 9641462000/0,8 \\ &= 12051827500 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= M_n/b.d x^2 \\ &= 1,878 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \left(\frac{0,85 \times f'_c \times \beta_1}{f_y} \right) \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \left(\frac{0,85 \times 41,7 \times 0,77}{360} \right) \times \left(\frac{600}{600 + 360} \right) \\ &= 0,0502 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\max} &= 0.75 \cdot \rho_{\text{balance}} \\ &= 0.75 \times 0,0502 \\ &= 0,038\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{360} = 0,0039\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= 0,00512\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Syarat : } \quad &\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max} \\ &0,004 < 0,0052 < 0,036\end{aligned}$$

$$\text{Dipakai} \rightarrow \rho_{\min} = 0,0052$$

Luas tulangan

$$\begin{aligned}\text{As perlu} &= \rho_{\min} \times b \times d \\ &= 0,0052 \times 9600 \times 1907 \\ &= 96465,368 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Digunakan Tulangan D36-100

$$\begin{aligned}\text{As} &= \frac{0,25 \times \pi \times D^3 \times b}{S_{\text{pakai}}} \\ &= \frac{0,25 \times \pi \times 36^3 \times 9600}{100} \\ &= 97716,098 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{As tulangan} &> \text{As Perlu} \\ 97716,098 \text{ mm}^2 &> 96465,368 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{OK ...!}\end{aligned}$$

- Kontrol geser ponds

$$\begin{aligned}\text{bw} &= \text{keliling pancang} + \text{tebal poer} \\ &= 9539,822 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$V_c = 1/6 \cdot \sqrt{f_c} \cdot b_w \cdot d'$$

$$= 19297483,19 \text{ N}$$

$$V_u = P_{\max}/0,75$$

$$= 314,791 \text{ ton}$$

$$= 3147906,667 \text{ N} < V_c \rightarrow \textit{Tebal Poer Memenuhi}$$

- Kontrol geser

$$V_u = 236,09 \text{ ton}$$

$$= 2360930 \text{ N}$$

$$V_{u \max} = 0,2 \times f_c' \times b_w \times d$$

$$= 109843200 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 82382400 \text{ N}$$

Kontrol, $V_u \leq \phi V_c \rightarrow \textit{Kehancuran badan tidak akan terjadi masalah}$

$$\beta_1 = d/2000$$

$$= 1,00 \leq 1,1$$

$$\beta_2 = 1$$

$$\beta_3 = 1$$

$$V_{uc} = \beta_1 \times \beta_2 \times \beta_3 \times b_w \times d (A_{st} \times f_c' / b_w \times d)^{0,5}$$

$$= 3259958,5 \text{ N}$$

$$= 325,9959 \text{ ton}$$

$$V_{u \min} = V_{uc} + 0,6 \times b_w \times d$$

$$= 326,6744 \text{ ton}$$

$$V_{u \min} \times \phi = 294,007 \text{ ton}$$

Kontrol, $V_{u \min} \times \phi > V_u \rightarrow \textit{Ok}$

Diasumsikan jarak tulangan yaitu 100 mm

$$A_{sv} = (V_{uc} \times s) / (f_y \times d)$$

$$= 301,8 \text{ mm}^2$$

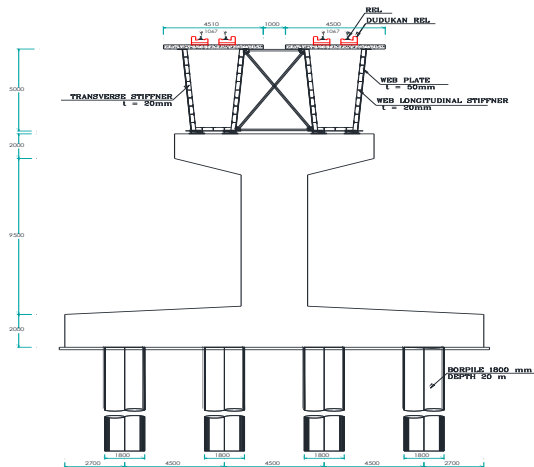
Digunakan tulangan D22 – 100

$$\begin{aligned}
 A_{s_{\text{pakai}}} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \\
 &= 380,13 \text{ mm}^2 \rightarrow \textbf{Memenuhi}
 \end{aligned}$$

8.2.2 Perencanaan Pilar P2

Adapun rencana dimensi dari masing-masing bagian pada pilar P2.

- Pilehead = 2 x 4 m
- Kolom = 3 x 3 m
- Poer = 14,4 x 18,9 m



Gambar 8.13 Tampak Melintang Pilar P2

8.2.2.1 Analisis Pembebanan

Analisa untuk struktur *steel concrete-composite box girder* menggunakan alat bantu program SAP2000 v14.2.2 sehingga didapat untuk.

- *Beban reaksi perletakan*

Beban ini diambil dari output join reaction hasil pembebanan beban mati dan beban hidup yang nantinya akan ditransfer pada pilecap pilar.

Tabel 8.8 Hasil Reaksi Dari Perletakan

Jenis Reaksi Beban	Rv_1	Rv_2	Rv_3	Rv_4
Total DL	24,4	24,4	24,4	24,4
Total LL	-25,98	-25,98	-25,98	-25,98

Sumber: Hasil Pengolahan Data

- Beban Angin
- Beban Gempa

8.2.2.2 Dimensi Pilar P2

Dalam perencanaan pilar P2 direncanakan terdiri 3 bagian yaitu pilecap, badan pilar dan poer. Adapun untuk analisis pembebanan untuk pilar terdiri atas beban berat bangunan atas, beban kereta INKA, beban mati pilar, beban angin, dan beban gempa dan yang nantinya akan dibantu dari hasil output program SAP2000 v14.2.2.

8.2.2.3 Data Bangunan Atas

Tipe = *Steel-concrete composite box girder*
 Bentang = 40 m
 Lebar = 2 span (2 x 3,5 m)

8.2.2.4 Rencana Mutu Bahan

Mutu bahan = K-500 ($f'_c = 41,7$ Mpa)
 Mutu baja = f_y 360 Mpa
 Jenis pondasi = Tiang borpile 1800 mm
 Ø pondasi = 180 cm

8.2.2.5 Perhitungan Daya Dukung Tiang Kelompok

Untuk menghitung daya dukung tiang kelompok, direncanakan konfigurasi dan koefisien efisiensinya. Perumusan untuk mencari daya dukung tiang kelompok adalah sebagai berikut:

Direncanakan pondasi tiang pancang Ø 180 cm dengan konfigurasi 3 x 4.

Syarat :

Syarat S (jarak antar tiang panjang) :

$$\begin{array}{rclclcl} 2,5D & \leq & S & \leq & 3D \\ 2,5 \times 180 & \leq & S & \leq & 3 \times 180 \\ 450 \text{ cm} & \leq & S & \leq & 540 \text{ cm} \end{array}$$

Koefisien efisiensi menggunakan perumusan:

$$\eta = 1 - \theta \left[\frac{(n-1)m + (m-1)n}{90 mn} \right]$$

Dimana :

$$\theta = \arctan d/s = \arctan 180/450 = 21,812^\circ$$

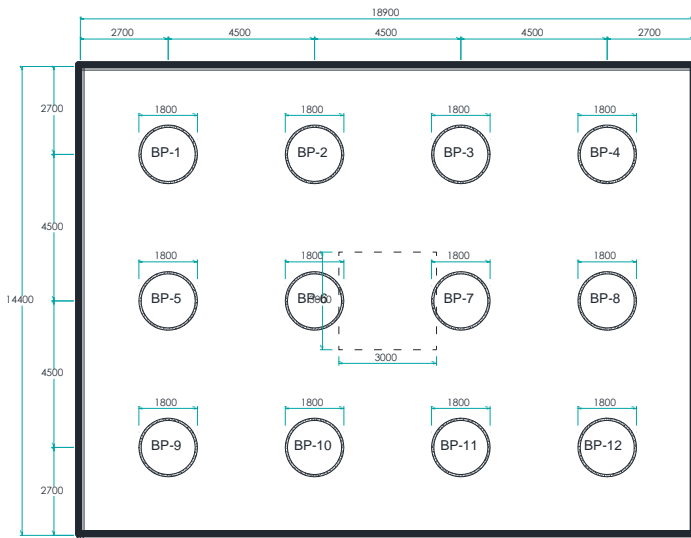
$$d = \text{diameter tiang pancang} = 180 \text{ cm}$$

$$s = \text{jarak antara tiang pancang} = 450 \text{ cm}$$

$$n = \text{banyaknya tiang pancang per kolom} = 3$$

$$m = \text{banyaknya tiang pancang per baris} = 4$$

$$\eta = 0,746$$



Gambar 8.10 Konfigurasi tiang borpile 1800mm

8.2.2.6 Perhitungan Daya Dukung Batas Pondasi

Daya dukung batas atas atau daya dukung ijin pondasi dianalisa berdasarkan 2 kondisi yaitu daya dukung batas atas akibat beban vertikal (berupa gaya tekan dan cabut) dan daya dukung batas akibat beban horisontal. Berikut tabel mengenai daya dukung tiang berdasarkan dari lapisantana.

Tabel 8.9 Perhitungan gaya spring yang terjadi untuk tiang borpile 1800mm

$\Sigma li.fi$	Depth	La	N	Eo	$D^{-3/4}$	Ko	K	L	Spring	
	(m)	(m)	Rata ²	(kg/cm ²)	(cm)	(kg/cm ³)	(kg/cm ³)	cm	(kg/cm)	(ton/m)
0,0	1	0,5	0	0,0	0,020	0,000	0,000	100,000	0,000	0,000
0,4	2	1,5	2	56,0	0,020	0,228	0,228	100,000	4102,382	4102,382
4,0	3	2,5	4	112,0	0,020	0,456	0,456	100,000	8204,765	8204,765
6,0	4	3,5	6	168,0	0,020	0,684	0,684	100,000	12307,147	12307,147
8,0	5	4,5	8	224,0	0,020	0,912	0,912	100,000	16409,530	16409,530
2,2	6	6,5	11	308,0	0,020	1,254	1,254	100,000	22563,104	22563,104
2,8	7	7,5	14	392,0	0,020	1,595	1,595	100,000	28716,677	28716,677
3,1	8	8,5	15,5	434,0	0,020	1,766	1,766	100,000	31793,464	31793,464
3,4	9	9,5	17	476,0	0,020	1,937	1,937	100,000	34870,251	34870,251
3,8	10	10,5	19	532,0	0,020	2,165	2,165	100,000	38972,634	38972,634
4,2	11	11,5	21	588,0	0,020	2,393	2,393	100,000	43075,016	43075,016
3,7	12	12,5	18,5	518,0	0,020	2,108	2,108	100,000	37947,038	37947,038
3,2	13	13,5	64,5	1806,0	0,020	7,350	7,350	100,000	132301,835	132301,835
10,0	14	14,5	113	3164,0	0,020	12,877	12,877	100,000	231784,610	231784,610
10,0	15	15,5	86,5	2422,0	0,020	9,857	9,857	100,000	177428,042	177428,042
10,0	16	16,5	60	1680,0	0,020	6,837	6,837	100,000	123071,474	123071,474
10,0	17	17,5	60	1680,0	0,020	6,837	6,837	100,000	123071,474	123071,474
10,0	18	18,5	60	1680,0	0,020	6,837	6,837	100,000	123071,474	123071,474
10,0	19	19,5	60	1680,0	0,020	6,837	6,837	100,000	123071,474	123071,474
10,0	20	20,5	60	1680,0	0,020	6,837	6,837	100,000	123071,474	123071,474
10,0	21	21,5	60	1680,0	0,020	6,837	6,837	100,000	123071,474	123071,474
10,0	22	22,5	60	1680,0	0,020	6,837	6,837	100,000	123071,474	123071,474
10,0	23	23,5	60	1680,0	0,020	6,837	6,837	100,000	123071,474	123071,474

10,0	24	24,5	60	1680,0	0,020	6,837	6,837	100,000	123071,474	123071,474
10,0	25	25,5	60	1680,0	0,020	6,837	6,837	100,000	123071,474	123071,474
10,0	26	26,5	60	1680,0	0,020	6,837	6,837	100,000	123071,474	123071,474
10,0	27	27,5	55	1540,0	0,020	6,268	6,268	100,000	112815,518	112815,518
10,0	28	28,5	60	1680,0	0,020	6,837	6,837	100,000	123071,474	123071,474
10,0	29	29,5	60	1680,0	0,020	6,837	6,837	100,000	123071,474	123071,474
10,0	30	30,5	60	1680,0	0,020	6,837	6,837	100,000	123071,474	123071,474
224,8										

Sumber: Hasil Pengolahan Data

Dari hasil penyelidikan lapangan dan laboratorium yang dilakukan oleh badan pemeriksaan tanah diketahui jenis tanah pada lokasi jembatan rencana ini dominan lempung. Adapun langkah-langkah perhitungan daya dukung yang bekerja pada tiang pancang diuraikan dibawah ini.

Sumber: Kazuto Nakazawa – Suyono Sosrodarsono (Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi-1990, Judul Asli : Soil Engineering And Foundation Engineering)

Tiang Pancang Borpile D-1800 mm

Data Perencanaan :

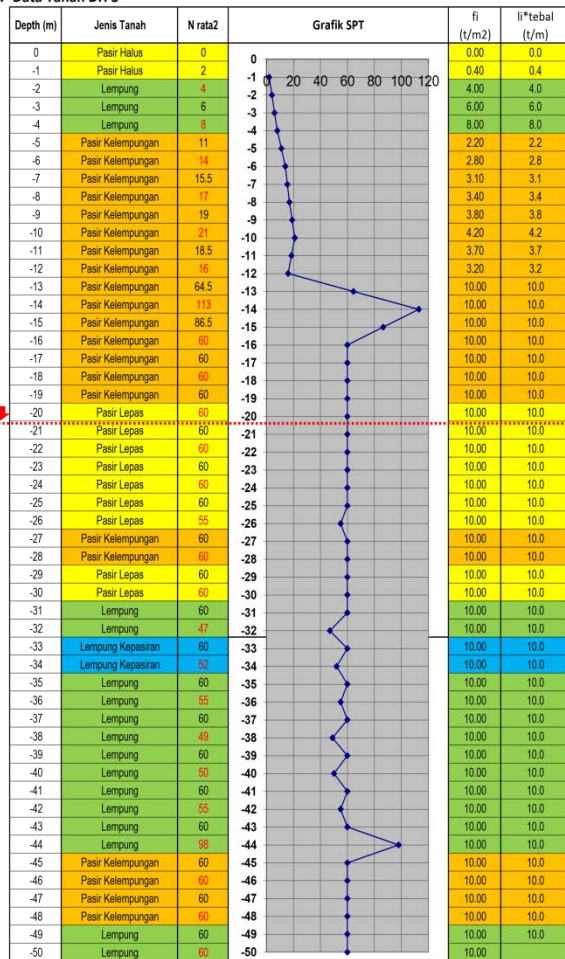
D tiang borpile	= 180	cm
A tiang borpile	= 25446,90	cm ²
O Tiang Pancang	= 565,48	cm
P tiang pancang	= 2000	cm

Tabel 8.11 Intensitas gaya geser dinding tiang (fi).

(Satuan : t/m ²)		
Jenis tiang tanah pondasi	Tiang pracetak	Tiang yang dicor di tempat
Tanah berpasir	$\frac{N}{5} (\leq 10)$	$\frac{N}{2} (\leq 12)$
Tanah kohesif	c atau $N (\leq 12)$	$\frac{c}{2}$ atau $\frac{N}{2} (\leq 12)$

LOKASI : CIBUBUR

♦ Data Tanah DH 3



Gambar 8.15 Data tanah

$N_{\text{ujung tiang}} = 60 \rightarrow \text{kedalaman } 20 \text{ m}$

$N_{\text{rata-rata } 4D} \text{ ke atas dari ujung tiang:}$

$$4D = 4 \times 1,8 \text{ m} = 7,2 \text{ m}$$

$$N_{\text{rata-rata}} = (60+60+60+60+60+60)/7 = 60$$

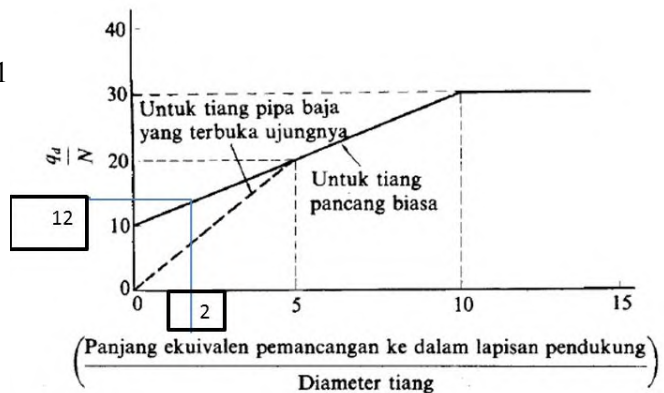
$$\bar{N} = (60+60)/2 = 60$$

Lalu dicari panjang penetrasi berdasarkan grafik SPT, sehingga diperoleh nilai panjang penetrasi sepanjang 1,0 m.

- Daya dukung ujung tiang

$$L/D = 1,9 \text{ m} / 1,8 \text{ m} = 1,0$$

$$Q_d / N = 11$$



Gambar 8.16 Grafik Nilai q_d/N Tiang Pancang Borpile D-1800 mm

$$q_d = 11 \times 60 = 660 \text{ t/m}^2$$

Daya Dukung Pada ujung tiang

$$q_d. A = 660 \times 2,5434$$

$$= 1679,5 \text{ ton}$$

Tabel 8.11 Perhitungan gaya geser pada dinding tiang 1800

Depth (m)	Kind of Soil	N Average	f_i (t/m ²)	$f_i \times$ thickness (li) (t/m)	$\Sigma(f_i \times l_i)$ (t/m)	P friction (Rf) ton	P bearing (Rt) ton	Pijin Semen tara ton	Pijin Tetap ton
0,00	Soft	0	0	0	0	0,000	0,000	0,000	0,000
-1,00	Soft	2	0,4	0,40	0,40	2,262	55,983	29,123	19,415
-2,00	Soft	4	4,0	4,00	4,40	24,881	111,966	68,424	45,616
-3,00	Soft	6	6	6,00	10,40	58,811	167,950	113,380	75,587
-4,00	Soft	8	8,0	8,00	18,40	104,050	223,933	163,991	109,327
-5,00	Soft	11	2,2	2,20	20,60	116,490	307,907	212,199	141,466
-6,00	Soft	14	2,8	2,80	23,40	132,324	391,882	262,103	174,735
-7,00	Soft	16	3,1	3,10	26,50	149,854	433,870	291,862	194,575
-8,00	Soft	17	3,4	3,40	29,90	169,081	475,857	322,469	214,979
-9,00	Soft	19	3,8	3,80	33,70	190,569	531,840	361,205	240,803
-10,00	Very Stiff	21	4,2	4,20	37,90	214,319	587,823	401,071	267,381
-11,00	Very Stiff	19	3,7	3,70	41,60	235,242	517,844	376,543	251,029
-12,00	Very Hard	65	3,2	3,20	44,80	253,338	1805,458	1029,398	686,265
-13,00	Very Hard	113	10	10,00	54,80	309,887	3163,050	1736,468	1157,645
-14,00	Very Hard	87	10	10,00	64,80	366,435	2421,273	1393,854	929,236
-15,00	Very Hard	60	10	10,00	74,80	422,984	1679,495	1051,240	700,826
-16,00	Very Hard	60	10	10,00	84,80	479,533	1679,495	1079,514	719,676
-17,00	Very Hard	60	10	10,00	94,80	536,081	1679,495	1107,788	738,526
-18,00	Very Hard	60	10	10,00	104,80	592,630	1679,495	1136,063	757,375
-19,00	Very Hard	60	10	10,00	114,80	649,179	1679,495	1164,337	776,225
-20,00	Very Hard	60	10	10,00	124,80	705,727	1679,495	1192,611	795,074

Gaya Geser Maksimum Dinding Tiang

$$\begin{aligned}
 R_f &= U \cdot \Sigma l_i \cdot f_i \\
 &= 3,14 \times 1,80 \times 124,8 \\
 &= 705,73 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Daya Dukung Tiang Ultimate

Daya dukung tiang ultimate dihitung dengan menggunakan formula:

$$\begin{aligned}
 R_u &= q_d \cdot A + U \cdot \Sigma l_i \cdot f_i \\
 &= 1679,5 + 705,73 \\
 &= 2385,22 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Daya Dukung Gaya Vertikal Tiang Tegak

$$\begin{aligned}
 SF &= 3,0 \\
 R_a &= (R_u / SF) \\
 &= (2385,22 / 3,0) \\
 &= 795,07 \text{ ton/tiang}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 SF &= 2,0 \\
 R_a &= (R_u / SF) \\
 &= (2385,22 / 2,0) \\
 &= 1192,61 \text{ ton/tiang}
 \end{aligned}$$

8.2.2.7 Perhitungan Efisiensi Tiang Pancang

Efisiensi tiang kelompok dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\eta = \frac{2[(m-1).s + (n-1).s] + \pi D}{\pi D \cdot m \cdot n}$$

Dimana:

η = koefisien efisiensi kelompok tiang pancang

D = diameter tiang pancang (m)

s = jarak antar tiang (m)

m = jumlah tiang dalam satu kolom (buah)

n = jumlah tiang dalam satu baris (buah)

$\eta = 0,746$

P_{ijin} tiang pancang $\phi 1,8$ m kedalaman 20 m yaitu:

P_{ijin} tetap = $0,746 \times 795,07 = 593,506$ ton

P_{ijin} sementara = $0,746 \times 1192,61 = 890,259$ ton

8.2.2.8 Kontrol Kekuatan Tiang

- Kontrol terhadap gaya aksial

Didapat untuk hasil output SAP2000 terhadap gaya pada tiang adalah sebagai berikut:

Tabel 8.11 Hasil output SAP2000 dari reaksi tiang borpile 1800mm

Combination	P	V2	V3	T	M2	M3
	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m	Tonf-m
D + DL + LL	-327,272	-12,977	-23,002	0,000	-214,915	-121,209
D + EQ X + 0,3EQ Y	-323,042	-60,031	-24,762	0,000	-158,984	-492,944
D + 0,3EQ X + EQ Y	-333,122	-24,819	-56,539	0,000	-354,997	-150,804
D + DL + LL + EQ X + 0,3EQ Y	-409,554	-70,272	-38,403	0,000	-267,555	-492,944
D + DL + LL + 0,3EQ X + EQ Y	-419,634	-35,060	-72,576	0,000	-428,715	-223,561

Sumber: Hasil Pengolahan Data

Kontrol kekuatan bahan

$\sigma_b = 0,33 \times f'_c$

$$= 0,33 \times 30$$

$$= 9,9 \text{ N/mm}^2$$

$$F = 9,9 \times A$$

$$= 9,9 \times 2544690$$

$$= 25192431,5 \text{ N}$$

$$= 2519,24 \text{ ton} > 419,634 \text{ ton}$$

Kontrol daya dukung tanah

$$P_{ijin \text{ tetap}} \geq P_{max}$$

$$593,506 \geq 419,634 \dots \text{OK!}$$

$$P_{ijin \text{ sementara}} \geq P_{max}$$

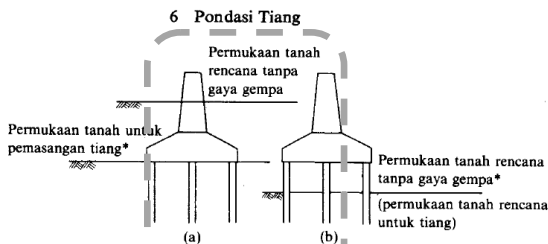
$$890,259 \geq 419,634 \dots \text{OK!}$$

- **Kontrol terhadap gaya lateral**

Daya dukung mendatar yang diijinkan dapat ditentukan dengan persamaan berikut ini:

Tiang-tiang terbenam di dalam tanah

$$H_a = \frac{k \cdot D}{\beta} \cdot \delta_a$$



*Tempat di mana besarnya perpindahan normal dapat diketahui

Gambar 8.17 Kapasitas daya dukung tanah horizontal

dengan :

H_a = kapasitas daya dukung horisontal tiang

E = modulus elastisitas bahan

I = momen inersia penampang

δ = pergeseran normal (diambil sebesar 1 cm)

k = koefisien reaksi tanah dasar

$$= k_o \cdot y^{-0,5}$$

k_o = $0,2 E_o \cdot D^{-3/4}$ (nilai k apabila pergeseran diambil sebesar 1cm)

y = besarnya pergeseran yang dicari

E_o = modulus elastisitas tanah

$$= 28 \text{ N}$$

h = tinggi tiang yang menonjol di atas permukaan tanah

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{k \cdot D}{4 E I}}$$

Kapasitas Daya Dukung Horisontal Tiang BorPile D-1800

$$E = 303505,512 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_o = 28 \text{ N}$$

$$= 28 \cdot 100 = 1680 \text{ kg/cm}^2$$

Pergeseran tiang di dasar pile cap (δ) = 1 cm

$$I = 51503850 \text{ cm}^4$$

$$k = (0,2 \times 1680 \times 180^{-3/4}) \times 1^{-1/2}$$

$$= 6,837 \text{ kg/cm}^3$$

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{6,837 \times 180}{257429,6 \times 51503850}}$$

$$= 0,00219482 \text{ cm}^{-1}$$

$$I_m = \mu / (2 \cdot \beta)$$

$$= 3,14 / (2 \times 0,00219482) = 715,68 \text{ cm}$$

Daya Dukung Gaya H Tiang Tegak

$$\delta = 1,0 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 H_a &= \frac{k \cdot D}{\beta} \cdot \partial a \\
 &= \left(\frac{6,837 \times 180}{0,00219482} \times 1,00 \right) \bigg/ 1000 \\
 &= 560,73 \text{ ton/tiang}
 \end{aligned}$$

Gaya lateral yang terjadi untuk masing-masing tiang:

$$SF = 3,0$$

$$H_{ijin} = 186,91 \text{ ton} > H \text{ 1 tiang ...OK!}$$

$$SF = 2,0$$

$$H_{ijin} = 280,37 \text{ ton} > H \text{ 1 tiangOK!}$$

- **Daya dukung tiang terhadap cabut**

Menurut referensi Mekanika Tanah dan Pondasi, Suyono Sosrodarsono, Kazuto Nazakawa, perencanaan gaya tarik terhadap tiang adalah dengan cara membagi kekuatan geser maksimum tanah terhadap angka keamanan:

$$SF = 3,0$$

$$R_f = 705,73/3 = 235,243 \text{ ton ...OK!}$$

- **Kontrol defleksi**

Defleksi yang terjadi pada tiang dihitung dengan perumusan diambil dari persamaan 2.162 “analisis dan perancangan fondasi bagian II” Hary Christady Hardiyantmo, hal 318 sebagai berikut:

Deflection at head untuk fixed-headed pile,

$$Y = \frac{H(e + Z_f)^3}{12 EI}$$

Kedalaman titik jepit tiang (Z_f) dihitung dengan perumusan:

$$Z_f = 1,8 T = 1,8 \times \sqrt[5]{\frac{EI}{n_h}}$$

$$n_h \text{ untuk lempung} = 350 \text{ kN/m}^3 = 3,50 \text{ kg/cm}^3$$

$$Z_f = 1,8 \times \sqrt[5]{\frac{303505,025 \times 51529973501}{3,5}}$$

$$= 384,861 \text{ cm} = 3,85 \text{ m}$$

$$Y = \frac{H(e + Z_f)^3}{12 EI}$$

$$= \frac{6,837(0 + 384,861)^3}{12 \times 303505,025 \times 51529973501}$$

$$= 5,395 \times 10^{-5} \text{ cm}$$

$$Y < Y_{\text{maks}} = 1 \text{ cm} \rightarrow \text{..... OK!}$$

8.2.2.9 Perencanaan Penulangan Borpile 1800 mm

Pada penulangan tiang borpile untuk pilar P2 digunakan alat bantu SAP2000. Dengan memasukkan data sebagai berikut:

$f_c' = 30 \text{ Mpa}$
 $f_y = 360 \text{ Mpa}$
 Diameter = 1800 mm
 Selimut = 70 mm

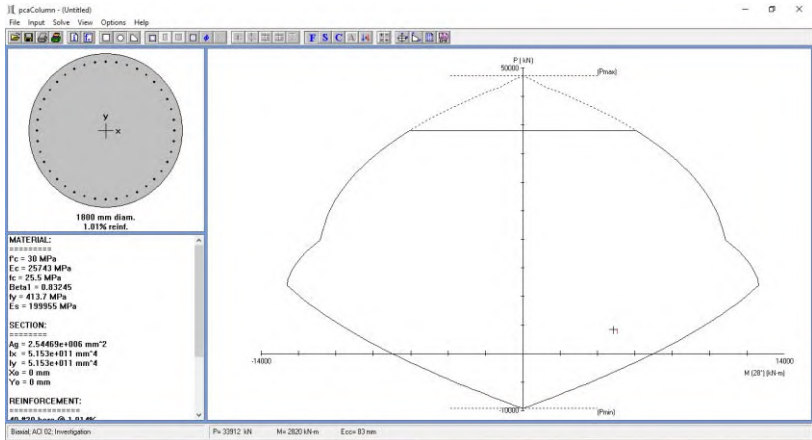
ACI 318-99 COLUMN SECTION DESIGN			Type: Sway Intermediate	Units: N, mm, C (Summary)	
L=20000,000					
Element:	17	D=1800,000	dc=130,000		
Station Loc:	20000,000	E=25742,960	fc=30,000		Lt.Wt. Fac.=1,000
Section ID:	BORPILE 1800mm	Fy=360,000	fys=360,000		As=25446,9 (Determined)
Combo ID:	COMB5	RLLF=1,000			As=1,000% (Determined)
Phi(Compression-Spiral): 0,750			Overstrength Factor: 1,25		
Phi(Compression-Tied): 0,700					
Phi(Tension): 0,900					
Phi(Bending): 0,900					
Phi(Shear/Torsion): 0,850					
AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN FOR PU, M2, M3					
Rebar	Design	Design	Design	Minimum	Minimum
M2	Pu	M2	M3	M2	M3
25446,900	3243609,595	-1,015E-06	240474776,9	224587528,4	224587528,4

Gambar 8.18 Hasil output SAP2000 untuk kebutuhan tulangan untuk borpile 1800

Perhitungan penulangan utama

Diperoleh tulangan untuk kebutuhan penulangan borpile 1800mm 40D29: $26420,794 \text{ mm}^2 > 25446,900 \text{ mm}^2$.

Adapun pengecekan juga dilakukan dengan menggunakan software bantu Pca Col



Gambar 8.19 Penulangan Borpile 1800 mm dengan Program Pca Col

Kapasitas kekuatan penampang

$$\phi = 0,75$$

$$\begin{aligned}\phi.P_n &= 0,75 \phi (0,85 \times f'_c (A_g - A_{st}) + f_y \times A_{st}) \\ &= 44184152,23 \text{ N} \\ &= 4700,119 \text{ ton} > 419,63 \text{ ton} \dots \text{OK!}\end{aligned}$$

Tulangan geser

$$V = 236,09 \text{ ton}$$

$$= 2360930 \text{ N}$$

$$D = 1800 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}V_{u \max} &= 0,2 \times f'_c \times b_w \times d \\ &= 109843200 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\emptyset.V_c = 82382400 \text{ N}$$

Kontrol >>> $V_u \leq \emptyset.V_c$ *Kehancuran badan tidak akan terjadi masalah*

$$\begin{aligned}\beta_1 &= (d/2000) > 1.1 \\ &= 1800/2000 = 0,9 \\ &= 1.100\end{aligned}$$

$$\beta_2 = 1.000$$

$$\beta_3 = 1.000$$

$$\begin{aligned}V_{uc} &= \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \beta_3 \cdot b \cdot d \cdot ((A_{st} \cdot f_c) / (b_v \cdot d_o))^{1/2} \\ &= 3428364,9 \text{ N} \\ &= 342,8365 \text{ ton}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_{u_{min}} &= V_{uc} + 0,6 \times b_w \times d \\ &= 344,3633\end{aligned}$$

$$V_{u_{min}} \times \phi = 309,9270 \text{ ton}$$

Kontrol >>> $V_{u_{min}} \times \phi > V_u$...OK

$$A_{sv}/s = V_{uc}/f_y \times d$$

Diasumsikan jarak tulangan = 200 mm

$$\begin{aligned}A_{sv} &= \frac{V_{uc} \times s}{f_y \times d} \\ &= 317,4 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Maka digunakan jarak tulangan Ø22-100

$$A_{st} = 380,13 \text{ mm}^2 > A_{sv} (= 317,4 \text{ mm}^2)$$

8.2.2.10 Perencanaan Penulangan Pilar P2

Penulangan Pilehead

Data Perencanaan:

Lebar	= 4000 mm
Panjang	= 9000 mm
Tebal	= 2000 mm
Diameter tulangan utama	= 32 mm
Diameter tulangan pembagi	= 16 mm
Selimut Beton	= 70 mm

$$\begin{aligned}
 b &= 9000 \text{ mm} \\
 d &= 9000 - ((70 + 16 + 32) + (32/2)) \\
 &= 1866 \text{ mm} \\
 f'c &= \text{K-500 (41,7 Mpa)} \\
 fy &= 360 \text{ Mpa} \\
 Krc &= 0,6 \\
 \beta_1 &= 0,77 \\
 \rho_b &= 0,047
 \end{aligned}$$

Didapat hasil output bagian pilecap dari program SAP2000 v14.2.2

$$\begin{aligned}
 V &= 940,394 \text{ ton} \\
 M &= 373,37692 \text{ ton.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M^* &= 3733769200 \text{ Nmm} \\
 M^*/bd^2 &= 3733769200 \text{ Nmm} / 9000 \text{ mm} \times (1866 \text{ mm})^2 \\
 &= 0,119 \text{ N/mm}^2 \\
 \rho_b &= \left(\frac{0,85 \times f'c \times \beta_1}{fy} \right) \times \left(\frac{600}{600 + fy} \right) \\
 &= \left(\frac{0,85 \times 41,7 \times 0,77}{360} \right) \times \left(\frac{600}{600 + 360} \right) \\
 &= 0,047 \\
 \rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_{\text{balance}} \\
 &= 0,75 \times 0,047 \\
 &= 0,036 \\
 \rho_{\min} &= \frac{1,4}{fy} \\
 &= \frac{1,4}{360} = 0,004
 \end{aligned}$$

$$\rho = \frac{K_c^R \times f_y - \sqrt{(K_c^R \times f_y)^2 - 2,4 K_c^R \left(\frac{M}{bd^2} \right) \left(\frac{f_y^2}{f_c} \right)}}{1,2 K_c^R \left(\frac{f_y^2}{f_c} \right)}$$

$$= 0,0006$$

Syarat : $\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$
 $0,004 < 0,0006 < 0,036$

Dipakai $\rightarrow \rho_{\min} = 0,004$

Luas tulangan

As perlu $= \rho_{\min} \times b \times d$
 $= 0,004 \times 9000 \times 1866$
 $= 65310,00 \text{ mm}^2$

Digunakan Tulangan D32-100

As $= \frac{0,25 \times \pi \times D^3 \times b}{S_{\text{pakai}}}$
 $= \frac{0,25 \times \pi \times 32^3 \times 9000}{100}$
 $= 72345,60 \text{ mm}^2$

As tulangan $>$ As Perlu
 $72345,60 \text{ mm}^2 > 65310,00 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{OK} \dots!$

Tulangan Memanjang/tulangan pembagi :

Tulangan Pembagi :

Ast $= 20\% \text{ Tulangan Utama (mm}^2\text{)}$
 $= 20\% \times 72345,60$
 $= 14469,12 \text{ mm}^2$

Digunakan Tulangan D16-100

$$\begin{aligned}
 A_s &= \frac{0,25 \times \pi \times D^3 \times b}{S_{pakai}} \\
 &= \frac{0,25 \times \pi \times 16^3 \times 9000}{100} \\
 &= 18086,40 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{As tulangan} &> \text{As Perlu} \\
 18086,40 \text{ mm}^2 &> 14469,12 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol Geser

$$\begin{aligned}
 \beta_1 &= (1,4 \text{ d}/2000) > 1.1 \\
 &= 1,4 \cdot 1816/2000 = 0,467 \\
 &= 1.100 \\
 \beta_2 &= 1.000 \\
 \beta_3 &= 1.000 \\
 V_{uc} &= \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \beta_3 \cdot b \cdot d \cdot ((A_{st} \cdot f_c)/(b \cdot v \cdot d_o))^{1/3} \\
 &= 10423450,55 \text{ N} > V_u \text{ yang terjadi (OK)}
 \end{aligned}$$

Penulangan Kolom Pilar

Data Perencanaan:

Lebar	= 3000 mm
Panjang	= 3000 mm
Tebal	= 7500 mm
Diameter tulangan utama	= 36 mm
Diameter tulangan geser	= 16 mm
Selimit Beton	= 70 mm
b	= 3000 mm
d	= 3000 - ((70+16+39)+(39/2))
	= 1858 mm
f _c	= K-500 (41,7 Mpa)
f _y	= 360 Mpa
K _{rc}	= 0,7
β ₁	= 0,77
ρ _b	= 0,047

Didapat hasil output bagian pilecap dari program SAP2000 v14.2.2

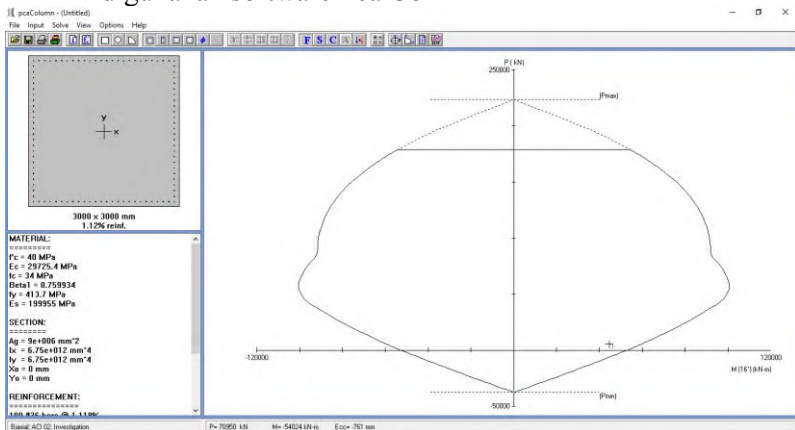
ACI 318-99 COLUMN SECTION DESIGN Type: Sway Intermediate Units: N, mm, C (Summary)						
L=11500,000						
Element	: 42	B=3000,000	D=3000,000	dc=108,700		
Station Loc	: 11500,000	E=29725,410	Fc=40,000	Lt.Mt. Fac.=1,000		
Section ID	: PILAR BESAR	Fy=360,000	Fys=360,000	AS=99091, (Determined)		
Combo ID	: COMB2	RLLF=1,000		AS=1,101% (Determined)		
Phi(Compression-Spiral):	0,750	Overstrength Factor: 1,25				
Phi(Compression-Tied):	0,700					
Phi(Tension):	0,900					
Phi(Bending):	0,900					
Phi(Shear/Torsion):	0,850					
AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN FOR PU, M2, M3						
	Rebar Area	Design Pu	Design M2	Design M3	Minimum M2	Minimum M3
	99090,927	5375213,504	4,198E+10	1,206E+10	565687469,	565687469,
AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT FACTORS						
		Factor	Delta ns	Factor	Delta s	Factor
Major Bending(M3)		0,611	1,000	1,000	1,000	11500,000
Minor Bending(M2)		0,600	1,000	1,000	1,000	11500,000

Gambar 8.20 Hasil Output SAP2000 Untuk Kolom Pilar P2

Diperoleh tulangan 100D36

Dengan $A_{st} = 101787,602 \text{ mm}^2 < 99090,927 \text{ mm}^2$

Adapun untuk pengecekan kapasitas penampang tulangan digunakan software Pca Col



Gambar 8.21 Penulangan kolom pilar 3,00 x 3,00 Program Pca Col

Kapasitas kekuatan penampang

$$\emptyset = 0,75 \text{ untuk sengkang persegi}$$

$$\emptyset.P_n = 0,75 \emptyset (0,85 \times f'_c (A_g - A_{st}) + f_y \times A_{st})$$

$$= 216229008,4 \text{ N}$$

$$= 21622,901 \text{ ton} > 2136,7353 \text{ ton} \dots \text{OK!}$$

Tulangan geser

$$V = 364,304 \text{ ton}$$

$$= 3643078 \text{ N}$$

$$d = 3000 \text{ mm}$$

$$V_{u \max} = 0,2 \times f'_c \times b_w \times d$$

$$= 72000000 \text{ N}$$

$$\emptyset.V_c = 54000000 \text{ N}$$

Kontrol >>> $V_u \leq \emptyset.V_c$ Kehancuran badan tidak akan terjadi masalah

$$\beta_1 = (d/2000) > 1,1$$

$$= 3000/2000 = 1,5$$

$$= 1,100$$

$$\beta_2 = 1,000$$

$$\beta_3 = 1,000$$

$$V_{uc} = \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \beta_3 \cdot b \cdot d \cdot ((A_{st} \cdot f'_c) / (b_v \cdot d_o))^{1/2}$$

$$= 5448051,5 \text{ N}$$

$$= 544,8051 \text{ ton}$$

$$V_{u_{\min}} = V_{uc} + 0,6 \times b_w \times d$$

$$= 505,2051$$

$$V_{u_{\min}} \times \phi = 495,1846 \text{ ton}$$

$$\text{Kontrol } >>> V_{u_{\min}} \times \phi > V_u \dots \text{OK!}$$

$$A_{sv}/s = V_{uc}/f_y \times d$$

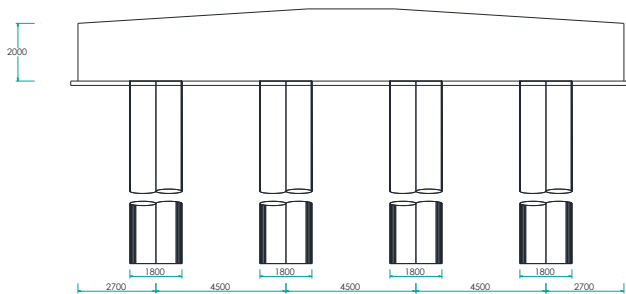
Diasumsikan jarak tulangan = 100 mm

$$A_{sv} = \frac{V_{uc} \times s}{f_y \times d}$$

$$= 504,4 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan jarak tulangan 4Ø16-100
 $A_{st} = 804,25 \text{ mm}^2 > A_{sv} (=504,4 \text{ mm}^2)$

Penulangan Poer



Gambar 8.22 Analisa Gaya dan Momen pada Poer P2

Data Perencanaan:

Lebar	= 14400	mm
Panjang	= 18900	mm
Tebal	= 2000	mm
Diameter tulangan arah x	= 36	mm
Diameter tulangan arah y	= 36	mm
Selimut Beton	= 70	mm
dx	= 1907	mm
dy	= 1871	mm
f _c	= K-500 (41,7 Mpa)	
f _y	= 360 Mpa	
β ₁	= 0,77	
ρ _b	= 0,0502	
m	= 15,69	

Penulangan arah X

$$q_u \text{ (berat poer)} = 90,72 \text{ ton/m}$$

$$I = (B_{\text{poer}} - B_{\text{kolom}})/2 = \frac{18,9 - 3}{2} = 5,7 \text{ m}$$

$$q = q_u \times l = 90,72 \text{ ton/m} \times 5,7 \text{ m} = 517,104 \text{ ton}$$

Tabel 8.13 Hasil output reaksi dari SAP2000 untuk borpile 1800mm

Combination	P	V2	V3	T	M2	M3
	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m	Tonf-m
D + DL + LL	-327,272	-12,977	-23,002	0,000	-214,915	-121,209
D + EQ X + 0,3EQ Y	-323,042	-60,031	-24,762	0,000	-158,984	-492,944
D + 0,3EQ X + EQ Y	-333,122	-24,819	-56,539	0,000	-354,997	-150,804
D + DL + LL + EQ X + 0,3EQ Y	-409,554	-70,272	-38,403	0,000	-267,555	-492,944
D + DL + LL + 0,3EQ X + EQ Y	-419,634	-35,060	-72,576	0,000	-428,715	-223,561

$$\text{Diambil } P_{\text{max}} = 419633,7 \text{ kg}$$

$$n \text{ (jumlah tiang borpile)} = 12 \text{ buah}$$

$$P_{\text{tot}} = P_{\text{max}} \times n = 419633,7 \text{ kg} \times 12$$

$$= 5035604,4 \text{ kg}$$

$$\text{Momen yang terjadi} = M_q - M_p$$

$$= (q \times \frac{1}{2} I) - (P \times \text{jarak borpile ke kolom})$$

$$= 8597,4624 \text{ tonm}$$

$$= 85974624000 \text{ Nmm}$$

$$M_n = 85974624000/0,8$$

$$= 107468280000 \text{ Nmm}$$

$$R_n = M_n/b \cdot dx^2$$

$$= 1,564$$

$$\rho_b = \left(\frac{0,85 \times f'_c \times \beta_1}{f_y} \right) \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$= \left(\frac{0,85 \times 41,7 \times 0,77}{360} \right) \times \left(\frac{600}{600 + 360} \right)$$

$$= 0,033$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_{\text{balance}}$$

$$= 0,75 \times 0,033$$

$$= 0,024$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y}$$

$$= \frac{1,4}{360} = 0,0035$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$= 0,00403$$

$$\text{Syarat : } \rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0,004 < 0,00403 < 0,036$$

$$\text{Dipakai} \rightarrow \rho_{\min} = 0,00403$$

Luas tulangan

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho_{\min} \times b \times d \\ &= 0,0052 \times 18900 \times 1907 \\ &= 145492,9726 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan Tulangan D36-100

$$\begin{aligned} \text{As} &= \frac{0,25 \times \pi \times D^3 \times b}{S_{\text{pakai}}} \\ &= \frac{0,25 \times \pi \times 36^3 \times 9600}{100} \\ &= 192378,5677 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

As tulangan > As Perlu

$$192378,57 \text{ mm}^2 > 145492,972 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{OK ..!}$$

Penulangan arah Y

$$q_u \text{ (berat poer)} = 90,72 \text{ ton/m}$$

$$I = (B_{\text{poer}} - B_{\text{kolom}})/2 = \frac{18,9 - 3}{2} = 7,95 \text{ m}$$

$$q = q_u \times I = 90,72 \text{ ton/m} \times 7,95 \text{ m} = 721,224 \text{ ton}$$

Tabel 8.4 Hasil output reaksi dari SAP2000 untuk borpile 1800mm

Combination	P	V2	V3	T	M2	M3
	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m	Tonf-m
D + DL + LL	-327,272	-12,977	-23,002	0,000	-214,915	-121,209
D + EQ X + 0,3EQ Y	-323,042	-60,031	-24,762	0,000	-158,984	-492,944
D + 0,3EQ X + EQ Y	-333,122	-24,819	-56,539	0,000	-354,997	-150,804
D + DL + LL + EQ X + 0,3EQ Y	-409,554	-70,272	-38,403	0,000	-267,555	-492,944
D + DL + LL + 0,3EQ X + EQ Y	-419,634	-35,060	-72,576	0,000	-428,715	-223,561

$$\text{Diambil } P_{\max} = 419634 \text{ kg}$$

$$n \text{ (jumlah tiang borpile)} = 12 \text{ buah}$$

$$P_{\text{tot}} = P_{\max} \times n = 419634 \text{ kg} \times 12 = 5035604,4 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen yang terjadi} &= M_q - M_p \\ &= (q \times \frac{1}{2} I) - (P \times \text{jarak borpile ke kolom}) \\ &= 349,063 \text{ tonm} \\ &= 349632000 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= 349632000/0,8 \\ &= 4363290000 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= M_n/b \cdot d x^2 \\ &= 1,624 \end{aligned}$$

$$\rho_b = \left(\frac{0,85 \times f'_c \times \beta_1}{f_y} \right) \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$= \left(\frac{0,85 \times 41,7 \times 0,77}{360} \right) \times \left(\frac{600}{600 + 360} \right)$$

$$= 0,033$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_{\text{balance}}$$

$$= 0,75 \times 0,033$$

$$= 0,024$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y}$$

$$= \frac{1,4}{360} = 0,0035$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$= 0,0041$$

Syarat :

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0,004 < 0,0041 < 0,036$$

Dipakai $\rightarrow \rho_{\min} = 0,0041$

Luas tulangan

As perlu

$$= \rho \times b \times d$$

$$= 0,0041 \times 9600 \times 1907$$

$$= 148487,6759 \text{ mm}^2$$

Digunakan Tulangan D36-100

$$As = \frac{0,25 \times \pi \times D^3 \times b}{S_{\text{pakai}}}$$

$$= \frac{0,25 \times \pi \times 36^3 \times 9600}{100}$$

$$= 192378,5677 \text{ mm}^2$$

As tulangan > As Perlu

$$192378,56 \text{ mm}^2 > 148487,6759 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{OK ...!}$$

- Kontrol geser ponds

$$\begin{aligned} bw &= \text{keliling pancang} + \text{tebal poer} \\ &= 13309,734 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_c &= 1/6 \cdot \sqrt{f_c} \cdot bw \cdot d' \\ &= 286881829,3 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_u &= P_{\max}/0,75 \\ &= 559,512 \text{ ton} \\ &= 5595120 \text{ N} < V_c \rightarrow \textbf{Tebal Poer Memenuhi} \end{aligned}$$

- Kontrol geser

$$\begin{aligned} V_u &= 419,634 \text{ ton} \\ &= 4196340 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{u \max} &= 0,2 \times f_c' \times bw \times d \\ &= 288338400 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\phi V_c = 216253800 \text{ N}$$

Kontrol, $V_u \leq \phi V_c \rightarrow \textbf{Kehancuran badan tidak akan terjadi masalah}$

$$\begin{aligned} \beta_1 &= d/2000 \\ &= 1,00 \leq 1,1 \end{aligned}$$

$$\beta_2 = 1$$

$$\beta_3 = 1$$

$$\begin{aligned} V_{uc} &= \beta_1 \times \beta_2 \times \beta_3 \times bw \times d (A_{st} \times f_c' / bw \times d)^{0,5} \\ &= 4398594,2 \text{ N} \\ &= 439,8594 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{u \min} &= V_{uc} + 0,6 \times bw \times d \\ &= 441,3862 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$V_{u \min} \times \phi = 397,2476 \text{ ton}$$

Kontrol $\gg \gg V_{u \min} \times \phi < V_u \rightarrow \text{Hitung kekuatan geser}$

Diasumsikan jarak tulangan yaitu 100 mm

$$\begin{aligned} A_{sv} &= (V_{uc} \times s) / (f_y \times d) \\ &= 801,8 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

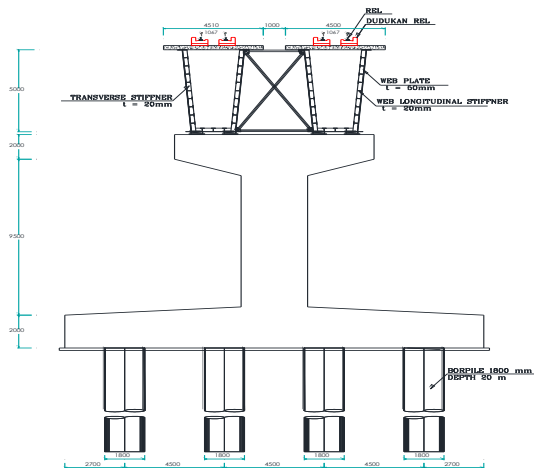
Digunakan tulangan D32 – 100

$$\begin{aligned} A_{spakai} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \\ &= 804,25 \text{ mm}^2 \rightarrow \textbf{Memenuhi} \end{aligned}$$

8.2.3 Perencanaan Pilar P3

Adapun rencana dimensi dari masing-masing bagian pada pilar P3.

- Pilehead = 2 x 4 m
- Kolom = 3 x 3 m
- Poer = 14,4 x 18,9 m



Gambar 8.23 Tampak Melintang Pilar P3

8.2.3.1 Analisis Pembebanan

Analisa untuk struktur *steel concrete-composite box girder* menggunakan alat bantu program SAP2000 v14.2.2 sehingga didapat untuk.

- *Beban reaksi perletakan*

Beban ini diambil dari output join reaction hasil pembebanan beban mati dan beban hidup yang nantinya akan ditransfer pada pilecap pilar.

Tabel 8.15 Hasil Reaksi Dari Perletakan

Jenis Reaksi Beban	Rv_1	Rv_2	Rv_3	Rv_4
Total DL	24,4	24,4	24,4	24,4
Total LL	-25,98	-25,98	-25,98	-25,98

Sumber: Hasil Pengolahan Data

- *Beban Angin*

- *Beban Gempa*

8.2.3.2 Dimensi Pilar P2

Dalam perencanaan pilar P2 direncanakan terdiri 3 bagian yaitu pilecap, badan pilar dan poer. Adapun untuk analisis pembebanan untuk pilar terdiri atas beban berat bangunan atas, beban kereta INKA, beban mati pilar, beban angin, dan beban gempa dan yang nantinya akan dibantu dari hasil output program SAP2000 v14.2.2.

8.2.3.3 Data Bangunan Atas

Tipe = *Steel-concrete composite box girder*
 Bentang = 40 m
 Lebar = 2 span (2 x 3,5 m)

8.2.3.4 Rencana Mutu Bahan

Mutu bahan = K-500 ($f'c = 41,7$ Mpa)

Mutu baja = f_y 360 Mpa
 Jenis pondasi = Tiang borpile 1800 mm
 \varnothing pondasi = 180 cm

8.2.3.5 Perhitungan Daya Dukung Tiang Kelompok

Untuk menghitung daya dukung tiang kelompok, direncanakan konfigurasi dan koefisien efisiensi. Perumusan untuk mencari daya dukung tiang kelompok adalah sebagai berikut:

Direncanakan pondasi tiang pancang \varnothing 180 cm dengan konfigurasi 3 x 4.

Syarat :

Syarat S (jarak antar tiang panjang) :

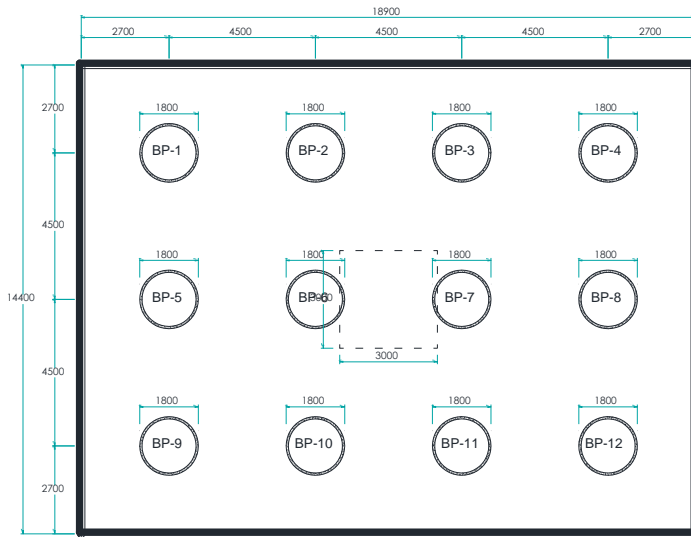
$$\begin{array}{rclcl}
 2,5D & \leq & S & \leq & 3D \\
 2,5 \times 180 & \leq & S & \leq & 3 \times 180 \\
 450 \text{ cm} & \leq & S & \leq & 540 \text{ cm}
 \end{array}$$

Koefisien efisiensi menggunakan perumusan:

$$\eta = 1 - \theta \left[\frac{(n-1)m + (m-1)n}{90 mn} \right]$$

Dimana :

$$\begin{array}{ll}
 \theta & = \arctan d/s = \arctan 180/450 = 21,80^\circ \\
 d & = \text{diameter tiang pancang} = 180 \text{ cm} \\
 s & = \text{jarak antara tiang pancang} = 450 \text{ cm} \\
 n & = \text{banyaknya tiang pancang per kolom} = 3 \\
 m & = \text{banyaknya tiang pancang per baris} = 4 \\
 \eta & = 0,746
 \end{array}$$



Gambar 8.24 Konfigurasi tiang borpile 1800mm

8.2.3.6 Perhitungan Daya Dukung Batas Pondasi

Daya dukung batas atas atau daya dukung ijin pondasi dianalisa berdasarkan 2 kondisi yaitu daya dukung batas atas akibat beban vertikal (berupa gaya tekan dan cabut) dan daya dukung batas akibat beban horisontal. Berikut tabel mengenai daya dukung tiang berdasarkan dari lapisan tanah.

Tabel 8.16 Perhitungan gaya spring yang terjadi untuk tiang borpile 1800mm

Σ li.fi	Depth	La	N	Eo	$D^{-3/4}$	Ko	K	L	Spring	
	(m)	(m)	Rata ²	(kg/cm ²)	(cm)	(kg/cm ³)	(kg/cm ³)	cm	(kg/cm)	(ton/m)
0,0	1	0,5	0	0,0	0,020	0,000	0,000	100,000	0,000	0,000
0,4	2	1,5	2	56,0	0,020	0,228	0,228	100,000	4102,382	4102,382
4,0	3	2,5	4	112,0	0,020	0,456	0,456	100,000	8204,765	8204,765
6,0	4	3,5	6	168,0	0,020	0,684	0,684	100,000	12307,147	12307,147
8,0	5	4,5	8	224,0	0,020	0,912	0,912	100,000	16409,530	16409,530
2,2	6	6,5	11	308,0	0,020	1,254	1,254	100,000	22563,104	22563,104
2,8	7	7,5	14	392,0	0,020	1,595	1,595	100,000	28716,677	28716,677
3,1	8	8,5	15,5	434,0	0,020	1,766	1,766	100,000	31793,464	31793,464
3,4	9	9,5	17	476,0	0,020	1,937	1,937	100,000	34870,251	34870,251
3,8	10	10,5	19	532,0	0,020	2,165	2,165	100,000	38972,634	38972,634
4,2	11	11,5	21	588,0	0,020	2,393	2,393	100,000	43075,016	43075,016
3,7	12	12,5	18,5	518,0	0,020	2,108	2,108	100,000	37947,038	37947,038
3,2	13	13,5	64,5	1806,0	0,020	7,350	7,350	100,000	132301,835	132301,835
10,0	14	14,5	113	3164,0	0,020	12,877	12,877	100,000	231784,610	231784,610
10,0	15	15,5	86,5	2422,0	0,020	9,857	9,857	100,000	177428,042	177428,042
10,0	16	16,5	60	1680,0	0,020	6,837	6,837	100,000	123071,474	123071,474
10,0	17	17,5	60	1680,0	0,020	6,837	6,837	100,000	123071,474	123071,474
10,0	18	18,5	60	1680,0	0,020	6,837	6,837	100,000	123071,474	123071,474
10,0	19	19,5	60	1680,0	0,020	6,837	6,837	100,000	123071,474	123071,474
10,0	20	20,5	60	1680,0	0,020	6,837	6,837	100,000	123071,474	123071,474
10,0	21	21,5	60	1680,0	0,020	6,837	6,837	100,000	123071,474	123071,474
10,0	22	22,5	60	1680,0	0,020	6,837	6,837	100,000	123071,474	123071,474

10,0	23	23,5	60	1680,0	0,020	6,837	6,837	100,000	123071,474	123071,474
10,0	24	24,5	60	1680,0	0,020	6,837	6,837	100,000	123071,474	123071,474
10,0	25	25,5	60	1680,0	0,020	6,837	6,837	100,000	123071,474	123071,474
10,0	26	26,5	60	1680,0	0,020	6,837	6,837	100,000	123071,474	123071,474
10,0	27	27,5	55	1540,0	0,020	6,268	6,268	100,000	112815,518	112815,518
10,0	28	28,5	60	1680,0	0,020	6,837	6,837	100,000	123071,474	123071,474
10,0	29	29,5	60	1680,0	0,020	6,837	6,837	100,000	123071,474	123071,474
10,0	30	30,5	60	1680,0	0,020	6,837	6,837	100,000	123071,474	123071,474
224,8										

Sumber: Hasil Pengolahan Data

Dari hasil penyelidikan lapangan dan laboratorium yang dilakukan oleh badan pemeriksaan tanah diketahui jenis tanah pada lokasi jembatan rencana ini dominan lempung. Adapun langkah-langkah perhitungan daya dukung yang bekerja pada tiang pancang diuraikan dibawah ini.

Sumber: Kazuto Nakazawa – Suyono Sosrodarsono (Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi-1990, Judul Asli : Soil Engineering And Foundation Engineering)

Tiang Pancang Borpile D-1800 mm

Data Perencanaan :

D tiang borpile	= 180	cm
A tiang borpile	= 25446,90	cm ²
O Tiang Pancang	= 565,48	cm
P tiang pancang	= 2000	cm

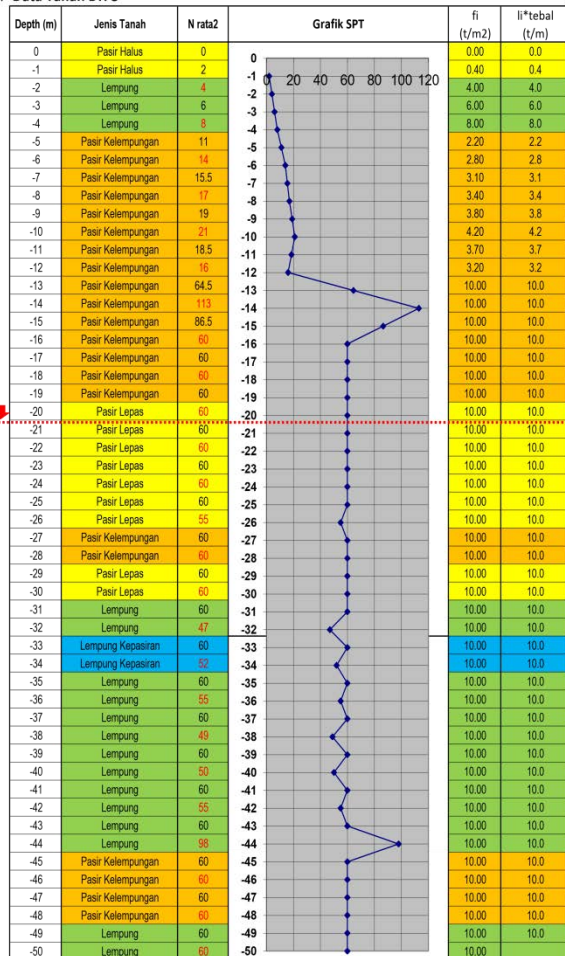
Tabel 8.25 Intensitas gaya geser dinding tiang (fi).

Jenis tanah pondasi	Jenis tiang	
	Tiang pracetak	Tiang yang dicor di tempat
Tanah berpasir	$\frac{N}{5} (\leq 10)$	$\frac{N}{2} (\leq 12)$
Tanah kohesif	c atau $N (\leq 12)$	$\frac{c}{2}$ atau $\frac{N}{2} (\leq 12)$

(Satuan : t/m²)

LOKASI : CIBUBUR

♦ Data Tanah DH 3



Gambar 8.25 Data tanah

$N_{\text{ujung tiang}} = 60 \rightarrow \text{kedalaman } 20 \text{ m}$

$N_{\text{rata-rata } 4D} \text{ ke atas dari ujung tiang:}$

$$4D = 4 \times 1,8 \text{ m} = 7,2 \text{ m}$$

$$N_{\text{rata-rata}} = (60+60+60+60+60+60)/7 = 60$$

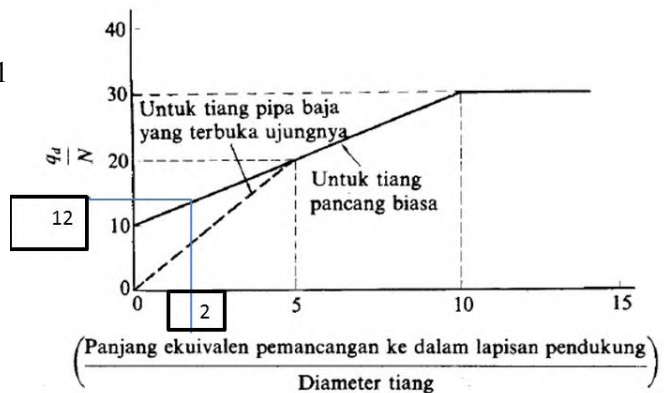
$$\bar{N} = (60+60)/2 = 60$$

Lalu dicari panjang penetrasi berdasarkan grafik SPT, sehingga diperoleh nilai panjang penetrasi sepanjang 1,0 m.

- Daya dukung ujung tiang

$$L/D = 1,9 \text{ m} / 1,8 \text{ m} = 1,0$$

$$Q_d / N = 11$$



Gambar 8.26 Grafik Nilai q_d/N Tiang Pancang Borpile D-1800 mm

$$q_d = 11 \times 60 = 660 \text{ t/m}^2$$

Daya Dukung Pada ujung tiang

$$q_d. A = 660 \times 2,5434$$

$$= 1679,5 \text{ ton}$$

Tabel 8.18 Kapasitas tiang borpile 1800

Depth (m)	Kind of Soil	N Average	f _i (t/m ²)	f _i x thickness (li) (t/m)	Σ(f _i *li) (t/m)	P friction (Rf) ton	P bearing (Rt) ton	Pijin Semen tara ton	Pijin Tetap ton
0,00	Soft	0	0	0	0	0,000	0,000	0,000	0,000
-1,00	Soft	2	0,4	0,40	0,40	2,262	55,983	29,123	19,415
-2,00	Soft	4	4,0	4,00	4,40	24,881	111,966	68,424	45,616
-3,00	Soft	6	6	6,00	10,40	58,811	167,950	113,380	75,587
-4,00	Soft	8	8,0	8,00	18,40	104,050	223,933	163,991	109,327
-5,00	Soft	11	2,2	2,20	20,60	116,490	307,907	212,199	141,466
-6,00	Soft	14	2,8	2,80	23,40	132,324	391,882	262,103	174,735
-7,00	Soft	16	3,1	3,10	26,50	149,854	433,870	291,862	194,575
-8,00	Soft	17	3,4	3,40	29,90	169,081	475,857	322,469	214,979
-9,00	Soft	19	3,8	3,80	33,70	190,569	531,840	361,205	240,803
-10,00	Very Stiff	21	4,2	4,20	37,90	214,319	587,823	401,071	267,381
-11,00	Very Stiff	19	3,7	3,70	41,60	235,242	517,844	376,543	251,029
-12,00	Very Hard	65	3,2	3,20	44,80	253,338	1805,458	1029,398	686,265
-13,00	Very Hard	113	10	10,00	54,80	309,887	3163,050	1736,468	1157,645
-14,00	Very Hard	87	10	10,00	64,80	366,435	2421,273	1393,854	929,236
-15,00	Very Hard	60	10	10,00	74,80	422,984	1679,495	1051,240	700,826
-16,00	Very Hard	60	10	10,00	84,80	479,533	1679,495	1079,514	719,676
-17,00	Very Hard	60	10	10,00	94,80	536,081	1679,495	1107,788	738,526
-18,00	Very Hard	60	10	10,00	104,80	592,630	1679,495	1136,063	757,375
-19,00	Very Hard	60	10	10,00	114,80	649,179	1679,495	1164,337	776,225
-20,00	Very Hard	60	10	10,00	124,80	705,727	1679,495	1192,611	795,074

Gaya Geser Maksimum Dinding Tiang

$$\begin{aligned}
 R_f &= U \cdot \Sigma l_i \cdot f_i \\
 &= 3,14 \times 1,80 \times 124,8 \\
 &= 705,73 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Daya Dukung Tiang Ultimate

Daya dukung tiang ultimate dihitung dengan menggunakan formula:

$$\begin{aligned}
 R_u &= q_d \cdot A + U \cdot \Sigma l_i \cdot f_i \\
 &= 1679,5 + 705,73 \\
 &= 2385,22 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Daya Dukung Gaya Vertikal Tiang Tegak

$$\begin{aligned}
 SF &= 3,0 \\
 R_a &= (R_u/SF) \\
 &= (2385,22/3,0) \\
 &= 795,07 \text{ ton/tiang}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 SF &= 2,0 \\
 R_a &= (R_u/SF) \\
 &= (2385,22/2,0) \\
 &= 1192,61 \text{ ton/tiang}
 \end{aligned}$$

8.2.3.7 Perhitungan Efisiensi Tiang Pancang

Efisiensi tiang kelompok dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\eta = \frac{2[(m-1).s + (n-1).s] + \pi D}{\pi D \cdot m \cdot n}$$

Dimana:

- η = koefisien efisiensi kelompok tiang pancang
 D = diameter tiang pancang (m)
 s = jarak antar tiang (m)
 m = jumlah tiang dalam satu kolom (buah)
 n = jumlah tiang dalam satu baris (buah)
 η = 0,746

P_{ijin} tiang pancang $\phi 1,8$ m kedalaman 20 m yaitu:

$$P_{ijin \text{ tetap}} = 0,746 \times 795,07 = 593,506 \text{ ton}$$

$$P_{ijin \text{ sementara}} = 0,746 \times 1192,61 = 890,259 \text{ ton}$$

8.2.3.8 Kontrol Kekuatan Tiang

- Kontrol terhadap gaya aksial

Didapat untuk hasil output SAP2000 terhadap gaya pada tiang adalah sebagai berikut:

Tabel 8.19 Hasil output SAP2000 dari reaksi tiang borpil 1800mm

Combination	P	V2	V3	T	M2	M3
	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m	Tonf-m
D + DL + LL	-327,272	-12,977	-23,002	0,000	-214,915	-121,209
D + EQ X + 0,3EQ Y	-323,042	-60,031	-24,762	0,000	-158,984	-492,944
D + 0,3EQ X + EQ Y	-333,122	-24,819	-56,539	0,000	-354,997	-150,804
D + DL + LL + EQ X + 0,3EQ Y	-409,554	-70,272	-38,403	0,000	-267,555	-492,944
D + DL + LL + 0,3EQ X + EQ Y	-419,634	-35,060	-72,576	0,000	-428,715	-223,561

Sumber: Hasil Pengolahan Data

Kontrol kekuatan bahan

$$\sigma_b = 0,33 \times f'_c$$

$$= 0,33 \times 30$$

$$= 9,9 \text{ N/mm}^2$$

$$F = 9,9 \times A$$

$$= 9,9 \times 2544690$$

$$= 25192431,5 \text{ N}$$

$$= 2519,24 \text{ ton} > 405,14 \text{ ton}$$

Kontrol daya dukung tanah

$$P_{ijin \text{ tetap}} \geq P_{max}$$

$$795,07 \geq 419,634 \dots \text{OK!}$$

$$P_{ijin \text{ sementara}} \geq P_{max}$$

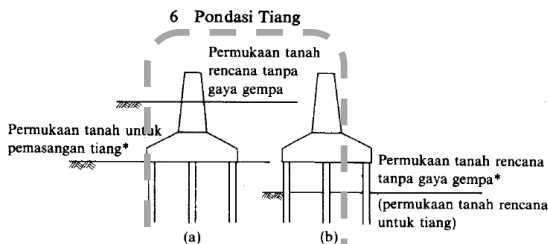
$$1192,61 \geq 419,634 \dots \text{OK!}$$

- **Kontrol terhadap gaya lateral**

Daya dukung mendatar yang diijinkan dapat ditentukan dengan persamaan berikut ini:

Tiang-tiang terbenam di dalam tanah

$$H_a = \frac{k \cdot D}{\beta} \cdot \delta_a$$



*Tempat di mana besarnya perpindahan normal dapat diketahui

Gambar 8.27 Kapasitas daya dukung tanah horizontal

dengan:

H_a = kapasitas daya dukung horisontal tiang

E = modulus elastisitas bahan

I = momen inersia penampang

δ = pergeseran normal (diambil sebesar 1 cm)

k = koefisien reaksi tanah dasar

$$= k_o \cdot y^{-0,5}$$

k_o = $0,2 E_o \cdot D^{-3/4}$ (nilai k apabila pergeseran diambil sebesar 1cm)

y = besarnya pergeseran yang dicari

E_o = modulus elastisitas tanah

$$= 28 \text{ N}$$

h = tinggi tiang yang menonjol di atas permukaan tanah

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{k \cdot D}{4 E I}}$$

Kapasitas Daya Dukung Horisontal Tiang BorPile D-1800

$$E = 303505,512 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_o = 28 \text{ N}$$

$$= 28 \cdot 100 = 1680 \text{ kg/cm}^2$$

Pergeseran tiang di dasar pile cap (∂) = 1 cm

$$I = 51503850 \text{ cm}^4$$

$$k = (0,2 \times 1680 \times 180^{-3/4}) \times 1^{-1/2}$$

$$= 6,837 \text{ kg/cm}^3$$

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{6,837 \times 180}{257429,6 \times 51503850}}$$

$$= 0,00219482 \text{ cm}^{-1}$$

$$I_m = \mu / (2 \cdot \beta)$$

$$= 3,14 / (2 \times 0,00219482) = 715,68 \text{ cm}$$

Daya Dukung Gaya H Tiang Tegak

$$\delta = 1,0 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 H_a &= \frac{k \cdot D \cdot \partial a}{\beta} \\
 &= \left(\frac{6,837 \times 180}{0,00219482} \times 1,00 \right) \Bigg/ 1000 \\
 &= 560,73 \text{ ton/tiang}
 \end{aligned}$$

Gaya lateral yang terjadi untuk masing-masing tiang:

$$SF = 3,0$$

$$H_{ijin} = 186,91 \text{ ton} > H \text{ 1 tiang ...OK!}$$

$$SF = 2,0$$

$$H_{ijin} = 280,37 \text{ ton} > H \text{ 1 tiangOK!}$$

- **Daya dukung tiang terhadap cabut**

Menurut referensi Mekanika Tanah dan Pondasi, Suyono Sosrodarsono, Kazuto Nazakawa, perencanaan gaya tarik terhadap tiang adalah dengan cara membagi kekuatan geser maksimum tanah terhadap angka keamanan:

$$SF = 3,0$$

$$R_f = 705,73/3 = 235,243 \text{ ton ...OK!}$$

- **Kontrol defleksi**

Defleksi yang terjadi pada tiang dihitung dengan perumusan diambil dari persamaan 2.162 “analisis dan perancangan fondasi bagian II” Hary Christady Hardiyantmo, hal 318 sebagai berikut:

Deflection at head untuk fixed-headed pile,

$$Y = \frac{H(e + Z_f)^3}{12 EI}$$

Kedalaman titik jepit tiang (Z_f) dihitung dengan perumusan:

$$Z_f = 1,8 T = 1,8 \times \sqrt[5]{\frac{EI}{n_h}}$$

n_h untuk lempung = $350 \text{ kN/m}^3 = 3,50 \text{ kg/cm}^3$

$$Z_f = 1,8 \times \sqrt[5]{\frac{303505,025 \times 51529973501}{3,5}}$$

$$= 384,861 \text{ cm} = 3,85 \text{ m}$$

$$Y = \frac{H(e + Z_f)^3}{12 EI}$$

$$= \frac{6,837(0 + 384,861)^3}{12 \times 303505,025 \times 51529973501}$$

$$= 5,395 \times 10^{-5} \text{ cm}$$

$Y < Y_{maks} = 1 \text{ cm} \rightarrow \text{..... OK!}$

8.2.3.9 Perencanaan Penulangan Borpile 1800 mm

Pada penulangan tiang borpile untuk pilar P2 digunakan alat bantu SAP2000. Dengan memasukkan data sebagai berikut:

f_c' = 30 Mpa
 f_y = 360 Mpa
 Diameter = 1800 mm
 Selimut = 70 mm

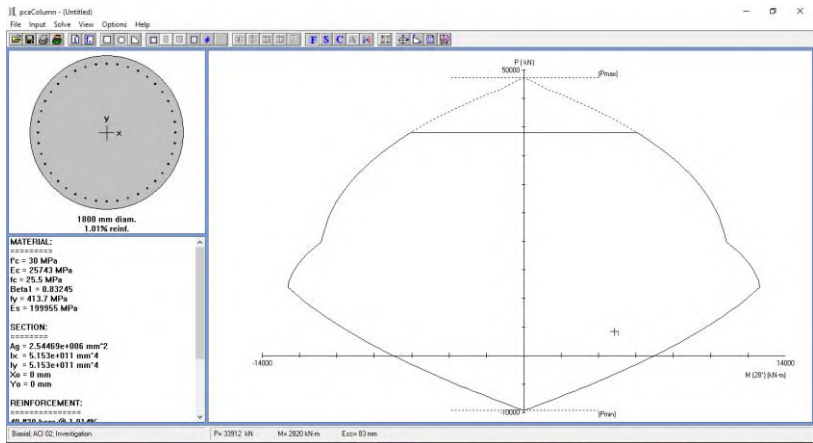
ACI 318-99 COLUMN SECTION DESIGN				Type: Sway Intermediate	Units: N, mm, C (Summary)	
L=20000,000						
Element :	17			D=1800,000	dc=130,000	
Station Loc :	20000,000			E=25742,960	fc=30,000	Lt.Wt. Fac.=1,000
Section ID :	BORPILE 1800mm			Fy=360,000	fyS=360,000	As=25446,9 (Determined)
Combo ID :	COMB5			RLIF=1,000		As=1,000% (Determined)
Phi(Compression-Spiral): 0,750				Overstrength Factor: 1,25		
Phi(Compression-Tied): 0,700						
Phi(Tension): 0,900						
Phi(Bending): 0,900						
Phi(Shear/Torsion): 0,850						
AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN FOR PU, M2, M3						
	Rebar	Design	Design	Design	Minimum	Minimum
	Area	Pu	M2	M3	M2	M3
	25446,900	3243609,595	-1,015E-06	240474776,9	224587528,4	224587528,4

Gambar 8.28 Hasil output SAP2000 untuk kebutuhan tulangan untuk borpile 1800

Perhitungan penulangan utama

Diperoleh tulangan untuk kebutuhan penulangan borpile 1800mm 40D29: $26420,794 \text{ mm}^2 > 25446,900 \text{ mm}^2$.

Adapun pengecekan juga dilakukan dengan menggunakan software bantu Pca Col



Gambar 8.29 Penulangan Borpile 1800 mm dengan Program Pca Col

Kapasitas kekuatan penampang

$$\phi = 0,75$$

$$\phi.P_n = 0,75 \phi (0,85 \times f'_c (A_g - A_{st}) + f_y \times A_{st})$$

$$= 44184152,23 \text{ N}$$

$$= 4700,119 \text{ ton} > 419,63 \text{ ton} \dots \text{OK!}$$

Tulangan geser

$$V = 236,09 \text{ ton}$$

$$= 2360930 \text{ N}$$

$$D = 1800 \text{ mm}$$

$$V_u \text{ max} = 0,2 \times f'_c \times b_w \times d$$

$$= 109843200 \text{ N}$$

$$\phi \cdot V_c = 82382400 \text{ N}$$

Kontrol >>> $V_u \leq \phi \cdot V_c$ *Kehancuran badan tidak akan terjadi masalah*

$$\begin{aligned}\beta_1 &= (d/2000) > 1.1 \\ &= 1800/2000 = 0,9 \\ &= 1.100\end{aligned}$$

$$\beta_2 = 1.000$$

$$\beta_3 = 1.000$$

$$\begin{aligned}V_{uc} &= \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \beta_3 \cdot b \cdot d \cdot ((A_{st} \cdot f_c) / (b \cdot v \cdot d_o))^{1/2} \\ &= 3428364,9 \text{ N} \\ &= 342,8365 \text{ ton}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_{u_{min}} &= V_{uc} + 0,6 \times b_w \times d \\ &= 344,3633\end{aligned}$$

$$V_{u_{min}} \times \phi = 309,9270 \text{ ton}$$

Kontrol >>> $V_{u_{min}} \times \phi > V_u$...OK

$$A_{sv}/s = V_{uc}/f_y \times d$$

Diasumsikan jarak tulangan = 200 mm

$$\begin{aligned}A_{sv} &= \frac{V_{uc} \times s}{f_y \times d} \\ &= 317,4 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Maka digunakan jarak tulangan Ø22-100

$$A_{st} = 380,13 \text{ mm}^2 > A_{sv} (= 317,4 \text{ mm}^2)$$

8.2.3.10 Perencanaan Penulangan Pilar P3

Penulangan Pilehead

Data Perencanaan:

Lebar	= 4000 mm
Panjang	= 9000 mm
Tebal	= 2000 mm
Diameter tulangan utama	= 32 mm
Diameter tulangan pembagi	= 16 mm
Selimit Beton	= 70 mm

$$\begin{aligned}
 b &= 9000 \text{ mm} \\
 d &= 9000 - ((70 + 16 + 32) + (32/2)) \\
 &= 1866 \text{ mm} \\
 f'c &= \text{K-500 (41,7 Mpa)} \\
 fy &= 360 \text{ Mpa} \\
 Krc &= 0,6 \\
 \beta_1 &= 0,77 \\
 \rho_b &= 0,047
 \end{aligned}$$

Didapat hasil output bagian pilecap dari program SAP2000 v14.2.2

$$\begin{aligned}
 V &= 940,394 \text{ ton} \\
 M &= 373,37692 \text{ ton.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M^* &= 3733769200 \text{ Nmm} \\
 M^*/bd^2 &= 3733769200 \text{ Nmm} / 9000 \text{ mm} \times (1866 \text{ mm})^2 \\
 &= 0,119 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_b &= \left(\frac{0,85 \times f'c \times \beta_1}{fy} \right) \times \left(\frac{600}{600 + fy} \right) \\
 &= \left(\frac{0,85 \times 41,7 \times 0,77}{360} \right) \times \left(\frac{600}{600 + 360} \right) \\
 &= 0,047
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_{\text{balance}} \\
 &= 0,75 \times 0,047 \\
 &= 0,036
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\min} &= \frac{1,4}{fy} \\
 &= \frac{1,4}{360} = 0,004
 \end{aligned}$$

$$\rho = \frac{K_c^R \times f_y - \sqrt{(K_c^R \times f_y)^2 - 2,4K_c^R \left(\frac{M}{bd^2} \right) \left(\frac{f_y^2}{fc} \right)}}{1,2K_c^R \left(\frac{f_y^2}{fc} \right)}$$

$$= 0,0006$$

Syarat : $\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$
 $0,004 < 0,0006 < 0,036$

Dipakai $\rightarrow \rho_{\min} = 0,004$

Luas tulangan

As perlu $= \rho_{\min} \times b \times d$
 $= 0,004 \times 9000 \times 1866$
 $= 65310,00 \text{ mm}^2$

Digunakan Tulangan D32-100

As $= \frac{0,25 \times \pi \times D^3 \times b}{S_{\text{pakai}}}$
 $= \frac{0,25 \times \pi \times 32^3 \times 9000}{100}$
 $= 72345,60 \text{ mm}^2$

As tulangan $>$ As Perlu
 $72345,60 \text{ mm}^2 > 65310,00 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{OK} \dots!$

Tulangan Memanjang/tulangan pembagi :

Tulangan Pembagi :

Ast $= 20\% \text{ Tulangan Utama (mm}^2\text{)}$
 $= 20\% \times 72345,60$
 $= 14469,12 \text{ mm}^2$

Digunakan Tulangan D16-100

$$\begin{aligned}
 A_s &= \frac{0,25 \times \pi \times D^3 \times b}{S_{pakai}} \\
 &= \frac{0,25 \times \pi \times 16^3 \times 9000}{100} \\
 &= 18086,40 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ tulangan} &> A_s \text{ Perlu} \\
 18086,40 \text{ mm}^2 &> 14469,12 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol Geser

$$\begin{aligned}
 \beta_1 &= (1,4 \text{ d}/2000) > 1.1 \\
 &= 1,4 \cdot 1816/2000 = 0,467 \\
 &= 1.100 \\
 \beta_2 &= 1.000 \\
 \beta_3 &= 1.000 \\
 V_{uc} &= \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \beta_3 \cdot b \cdot d \cdot ((A_{st} \cdot f_c)/(b \cdot v \cdot d_o))^{1/3} \\
 &= 10423450,55 \text{ N} > V_u \text{ yang terjadi (OK)}
 \end{aligned}$$

Penulangan Kolom Pilar

Data Perencanaan:

Lebar	= 3000 mm
Panjang	= 3000 mm
Tebal	= 7500 mm
Diameter tulangan utama	= 36 mm
Diameter tulangan geser	= 16 mm
Selimut Beton	= 70 mm
b	= 3000 mm
d	= 3000 - ((70+16+39)+(39/2)) = 1858 mm
f _c	= K-500 (41,7 Mpa)
f _y	= 360 Mpa
K _{rc}	= 0,7
β ₁	= 0,77
ρ _b	= 0,047

Didapat hasil output bagian pilecap dari program SAP2000 v14.2.2

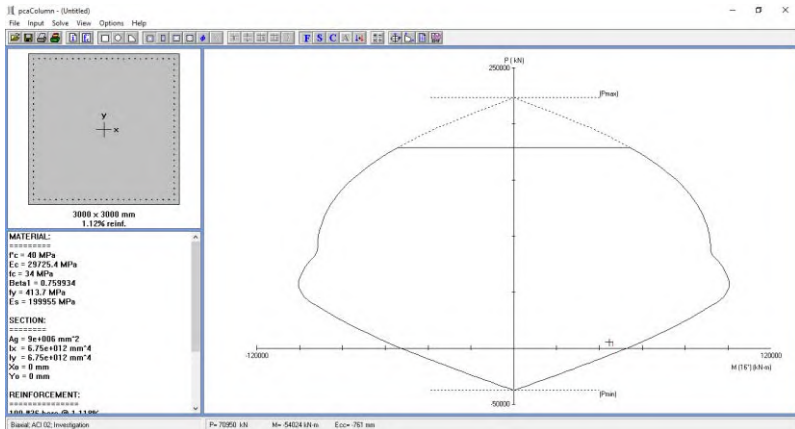
ACI 318-99	COLUMN SECTION DESIGN	Type: Sway Intermediate	Units: N, mm, C	(Summary)		
L=11500,000						
Element : 42		B=3000,000	D=3000,000	dc=100,700		
Station Loc : 11500,000		E=29725,410	Fc=40,000	Lt.Wt. Fac.=1,000		
Section ID : PILAR BESAR		Fy=360,000	fys=360,000	As=99091, (Determined)		
Combo ID : COMB2		RLLF=1,000		As=1,101% (Determined)		
Phi(Compression-Spiral):	0,750	Overstrength Factor: 1,25				
Phi(Compression-Tied):	0,700					
Phi(Tension):	0,900					
Phi(Bending):	0,900					
Phi(Shear/Torsion):	0,850					
AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN FOR PU, M2, M3						
	Rebar	Design	Design	Design	Minimum	Minimum
	Area	Pu	M2	M3	M2	M3
	99090,927	5213,504	4,198E+10	1,206E+10	565687469,	565687469,
AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT FACTORS						
	Cn	Delta ns	Delta s	K	L	
	Factor	Factor	Factor	Factor	Length	
Major Bending(M3)	0,611	1,000	1,000	1,000	11500,000	
Minor Bending(M2)	0,600	1,000	1,000	1,000	11500,000	

Gambar 8.30 Hasil Output SAP2000 Untuk Kolom Pilar P2

Diperoleh tulangan 100D36

Dengan $A_{st} = 101787,602 \text{ mm}^2 < 99090,927 \text{ mm}^2$

Adapun untuk pengecekan kapasitas penampang tulangan digunakan software Pca Col



Gambar 8.31 Penulangan kolom pilar 3,00 x 3,00 Program Pca Col

Kapasitas kekuatan penampang

$$\emptyset = 0,75 \text{ untuk sengkang persegi}$$

$$\begin{aligned} \emptyset.P_n &= 0,75 \emptyset (0,85 \times f'_c (A_g - A_{st}) + f_y \times A_{st}) \\ &= 216229008,4 \text{ N} \\ &= 21622,901 \text{ ton} > 2136,7353 \text{ ton} \dots \text{OK!} \end{aligned}$$

Tulangan geser

$$\begin{aligned} V &= 364,304 \text{ ton} \\ &= 3643078 \text{ N} \\ d &= 3000 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_u \text{ max} &= 0,2 \times f'_c \times b_w \times d \\ &= 72000000 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\emptyset.V_c = 54000000 \text{ N}$$

Kontrol >>> $V_u \leq \emptyset.V_c$ Kehancuran badan tidak akan terjadi masalah

$$\begin{aligned} \beta_1 &= (d/2000) > 1.1 \\ &= 3000/2000 = 1,5 \\ &= 1.100 \end{aligned}$$

$$\beta_2 = 1.000$$

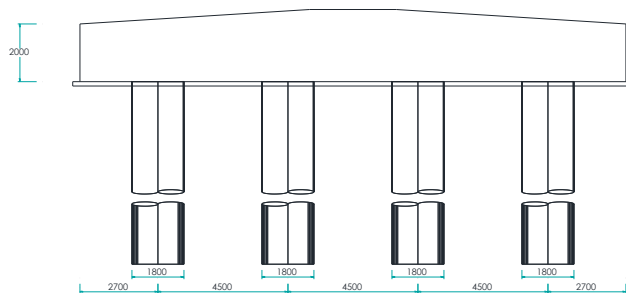
$$\begin{aligned}
 \beta_3 &= 1.000 \\
 V_{uc} &= \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \beta_3 \cdot b \cdot d \cdot ((A_{st} \cdot f_c) / (b_v \cdot d_o))^{1/2} \\
 &= 5448051,5 \text{ N} \\
 &= 544,8051 \text{ ton} \\
 V_{u_{min}} &= V_{uc} + 0,6 \times b_w \times d \\
 &= 505,2051 \\
 V_{u_{min}} \times \phi &= 495,1846 \text{ ton} \\
 \text{Kontrol } &>>> V_{u_{min}} \times \phi > V_u \text{ ...OK!}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{sv}/s &= V_{uc} / f_y \times d \\
 \text{Diasumsikan jarak tulangan} &= 100 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{sv} &= \frac{V_{uc} \times s}{f_y \times d} \\
 &= 504,4 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Maka digunakan jarak tulangan } &4\phi 16-100 \\
 A_{st} &= 804,25 \text{ mm}^2 > A_{sv} (=504,4 \text{ mm}^2)
 \end{aligned}$$

Penulangan Poer



Gambar 8.32 Analisa Gaya dan Momen pada Poer P2

Data Perencanaan:

$$\begin{aligned}
 \text{Lebar} &= 14400 \text{ mm} \\
 \text{Panjang} &= 18900 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Tebal	= 2000	mm
Diameter tulangan arah x	= 36	mm
Diameter tulangan arah y	= 36	mm
Selimit Beton	= 70	mm
dx	= 1907	mm
dy	= 1871	mm
f'c	= K-500 (41,7 Mpa)	
fy	= 360 Mpa	
β_1	= 0,77	
ρ_b	= 0,0502	
m	= 15,69	

Penulangan arah X

$$q_u \text{ (berat poer)} = 90,72 \text{ ton/m}$$

$$I = (B_{poer} - B_{kolom})/2 = \frac{18,9 - 3}{2} = 5,7 \text{ m}$$

$$q = q_u \times l = 90,72 \text{ ton/m} \times 5,7 \text{ m} = 517,104 \text{ ton}$$

Tabel 8.20 Hasil output reaksi dari SAP2000 untuk borpile 1800mm

Combination	P	V2	V3	T	M2	M3
	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m	Tonf-m
D + DL + LL	-327,272	-12,977	-23,002	0,000	-214,915	-121,209
D + EQ X + 0,3EQ Y	-323,042	-60,031	-24,762	0,000	-158,984	-492,944
D + 0,3EQ X + EQ Y	-333,122	-24,819	-56,539	0,000	-354,997	-150,804
D + DL + LL + EQ X + 0,3EQ Y	-409,554	-70,272	-38,403	0,000	-267,555	-492,944
D + DL + LL + 0,3EQ X + EQ Y	-419,634	-35,060	-72,576	0,000	-428,715	-223,561

$$\text{Diambil } P_{\max} = 419633,7 \text{ kg}$$

$$n \text{ (jumlah tiang borpile)} = 12 \text{ buah}$$

$$P_{\text{tot}} = P_{\max} \times n = 419633,7 \text{ kg} \times 12 = 5035604,4 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Momen yang terjadi} &= M_q - M_p \\
 &= (q \times \frac{1}{2} l) - (P \times \text{jarak borpile ke kolom}) \\
 &= 8597,4624 \text{ tonm} \\
 &= 85974624000 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= 85974624000/0,8 \\
 &= 107468280000 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= M_n/b \cdot d x^2 \\
 &= 1,564
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_b &= \left(\frac{0,85 \times f'_c \times \beta_1}{f_y} \right) \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\
 &= \left(\frac{0,85 \times 41,7 \times 0,77}{360} \right) \times \left(\frac{600}{600 + 360} \right) \\
 &= 0,033
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_{\text{balance}} \\
 &= 0,75 \times 0,033 \\
 &= 0,024
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} \\
 &= \frac{1,4}{360} = 0,0035
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\
 &= 0,00403
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Syarat :} \quad \rho_{\min} &< \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max} \\
 0,004 &< 0,00403 < 0,036
 \end{aligned}$$

$$\text{Dipakai} \rightarrow \rho_{\min} = 0,00403$$

Luas tulangan

$$\begin{aligned}
 \text{As perlu} &= \rho_{\min} \times b \times d \\
 &= 0,0052 \times 18900 \times 1907 \\
 &= 145492,9726 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Digunakan Tulangan D36-100

$$\begin{aligned}
 A_s &= \frac{0,25 \times \pi \times D^3 \times b}{S_{pakai}} \\
 &= \frac{0,25 \times \pi \times 36^3 \times 9600}{100} \\
 &= 192378,5677 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

As tulangan > As Perlu
 $192378,57 \text{ mm}^2 > 145492,972 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{OK} \dots!$

Penulangan arah Y

$$\begin{aligned}
 \text{qu (berat poer)} &= 90,72 \text{ ton/m} \\
 I = (\text{Bpoer} - \text{Bkolom})/2 &= \frac{18,9 - 3}{2} = 7,95 \text{ m} \\
 q = \text{qu} \times I &= 90,72 \text{ ton/m} \times 7,95 \text{ m} \\
 &= 721,224 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Tabel 8.21 Hasil output reaksi dari SAP2000 untuk borpile 1800mm

Combination	P	V2	V3	T	M2	M3
	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m	Tonf-m
D + DL + LL	-327,272	-12,977	-23,002	0,000	-214,915	-121,209
D + EQ X + 0,3EQ Y	-323,042	-60,031	-24,762	0,000	-158,984	-492,944
D + 0,3EQ X + EQ Y	-333,122	-24,819	-56,539	0,000	-354,997	-150,804
D + DL + LL + EQ X + 0,3EQ Y	-409,554	-70,272	-38,403	0,000	-267,555	-492,944
D + DL + LL + 0,3EQ X + EQ Y	-419,634	-35,060	-72,576	0,000	-428,715	-223,561

$$\begin{aligned}
 \text{Diambil } P_{\max} &= 419634 \text{ kg} \\
 n (\text{jumlah tiang borpile}) &= 12 \text{ buah} \\
 P_{\text{tot}} = P_{\max} \times n &= 419634 \text{ kg} \times 12 \\
 &= 5035604,4 \text{ kg} \\
 \text{Momen yang terjadi} &= M_q - M_p
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= (q \times \frac{1}{2} I) - (P \times \text{jarak borpile ke kolom}) \\
 &= 349,063 \text{ tonm} \\
 &= 349632000 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= 349632000/0,8 \\
 &= 4363290000 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= M_n/b.d x^2 \\
 &= 1,624
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_b &= \left(\frac{0,85 \times f'_c \times \beta_1}{f_y} \right) \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\
 &= \left(\frac{0,85 \times 41,7 \times 0,77}{360} \right) \times \left(\frac{600}{600 + 360} \right) \\
 &= 0,033
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_{\text{balance}} \\
 &= 0,75 \times 0,033 \\
 &= 0,024
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} \\
 &= \frac{1,4}{360} = 0,0035
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\
 &= 0,0041
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Syarat : } \quad &\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max} \\
 &0,004 < 0,0041 < 0,036
 \end{aligned}$$

$$\text{Dipakai} \rightarrow \rho_{\min} = 0,0041$$

Luas tulangan

$$\begin{aligned}
 \text{As perlu} &= \rho \times b \times d \\
 &= 0,0041 \times 9600 \times 1907 \\
 &= 148487,6759 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Digunakan Tulangan D36-100

$$\begin{aligned}
 A_s &= \frac{0,25 \times \pi \times D^3 \times b}{S_{pakai}} \\
 &= \frac{0,25 \times \pi \times 36^3 \times 9600}{100} \\
 &= 192378,5677 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

As tulangan > As Perlu
 $192378,56 \text{ mm}^2 > 148487,6759 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{OK} \dots!$

- Kontrol geser ponds

$$\begin{aligned}
 bw &= \text{keliling pancang} + \text{tebal poer} \\
 &= 13309,734 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_c &= 1/6 \cdot \sqrt{f_c} \cdot bw \cdot d' \\
 &= 286881829,3 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_u &= P_{\max} / 0,75 \\
 &= 559,512 \text{ ton} \\
 &= 5595120 \text{ N} < V_c \rightarrow \textbf{Tebal Poer Memenuhi}
 \end{aligned}$$

- Kontrol geser

$$\begin{aligned}
 V_u &= 419,634 \text{ ton} \\
 &= 4196340 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{u \max} &= 0,2 \times f_c' \times bw \times d \\
 &= 288338400 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\phi V_c = 216253800 \text{ N}$$

Kontrol, $V_u \leq \phi V_c \rightarrow \textbf{Kehancuran badan tidak akan terjadi masalah}$

$$\begin{aligned}
 \beta_1 &= d/2000 \\
 &= 1,00 \leq 1,1
 \end{aligned}$$

$$\beta_2 = 1$$

$$\beta_3 = 1$$

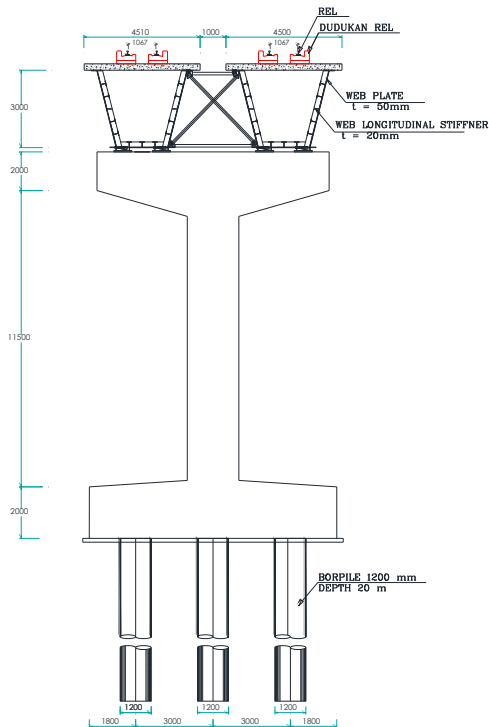
$$V_{uc} = \beta_1 \times \beta_2 \times \beta_3 \times bw \times d (A_{st} \times f_c' / bw \times d)^{0,5}$$

$$\begin{aligned}
 &= 4398594,2 \text{ N} \\
 &= 439,8594 \text{ ton} \\
 V_{u_{\min}} &= V_{uc} + 0,6 \times b_w \times d \\
 &= 441,3862 \text{ ton} \\
 V_{u_{\min}} \times \phi &= 397,2476 \text{ ton} \\
 \text{Kontrol } &>>> V_{u_{\min}} \times \phi < V_u \rightarrow \text{Hitung kekuatan geser} \\
 &\text{Diasumsikan jarak tulangan yaitu } 100 \text{ mm} \\
 A_{sv} &= (V_{uc} \times s) / (f_y \times d) \\
 &= 801,8 \text{ mm}^2 \\
 &\text{Digunakan tulangan D32 – 100} \\
 A_{spakai} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \\
 &= 804,25 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{Memenuhi}
 \end{aligned}$$

8.2.4 Perencanaan Pilar P4

Adapun rencana dimensi dari masing-masing bagian pada pilar P4.

- Pilehead = 2 x 4 m
- Kolom = 2 x 2 m
- Poer = 6,6 x 9,6 m



Gambar 8.33 Tampak Melintang Pilar P4

8.2.4.1 Analisis Pembebanan

Analisa untuk struktur *steel concrete-composite box girder* menggunakan alat bantu program SAP2000 v14.2.2 sehingga didapat untuk.

- *Beban reaksi perletakan*

Beban ini diambil dari output join reaction hasil pembebanan beban mati dan beban hidup yang nantinya akan ditransfer pada pilecap pilar.

Tabel 8.22 Hasil Reaksi Dari Perletakan

Jenis Reaksi Beban	R_{v1}	R_{v2}	R_{v3}	R_{v4}
Total DL	24,4	24,4	24,4	24,4
Total LL	-25,98	-25,98	-25,98	-25,98

Sumber: Hasil Pengolahan Data

- *Beban Angin*
- *Beban Gempa*

8.2.4.2 Dimensi Pilar P4

Dalam perencanaan pilar P4 direncanakan terdiri 3 bagian yaitu pilecap, badan pilar dan poer. Adapun untuk analisis pembebanan untuk pilar terdiri atas beban berat bangunan atas, beban kereta INKA, beban mati pilar, beban angin, dan beban gempa dan yang nantinya akan dibantu dari hasil output program SAP2000 v14.2.2.

8.2.4.3 Data Bangunan Atas

Tipe = *Steel-concrete composite box girder*
 Bentang = 20 m
 Lebar = 1 span (3,5 m)

8.2.4.4 Rencana Mutu Bahan

Mutu bahan = K-500 ($f'_c = 41,7$ Mpa)
 Mutu baja = BJ 41 ($f_u = 410$ Mpa, $f_y = 250$ Mpa)
 Jenis pondasi = Tiang pancang borpile
 Ø pondasi = 120 cm

8.2.4.5 Perhitungan Daya Dukung Tiang Kelompok

Untuk menghitung daya dukung tiang kelompok, direncanakan konfigurasi dan koefisien efisiensinya.

Perumusan untuk mencari daya dukung tiang kelompok adalah sebagai berikut:

Direncanakan pondasi tiang pancang Ø 120 cm dengan konfigurasi 2 x 3.

Syarat :

Syarat S (jarak antar tiang panjang) :

$$\begin{array}{rclcl} 2,5D & \leq & S & \leq & 3D \\ 2,5 \times 120 & \leq & S & \leq & 3 \times 120 \\ 300 \text{ cm} & \leq & S & \leq & 360 \text{ cm} \end{array}$$

Koefisien efisiensi menggunakan perumusan :

$$\eta = 1 - \theta \left[\frac{(n-1)m + (m-1)n}{90 mn} \right]$$

Dimana :

$$\theta = \text{arc tg } d/s = \text{arc tg } 120/250 = 21,80^0$$

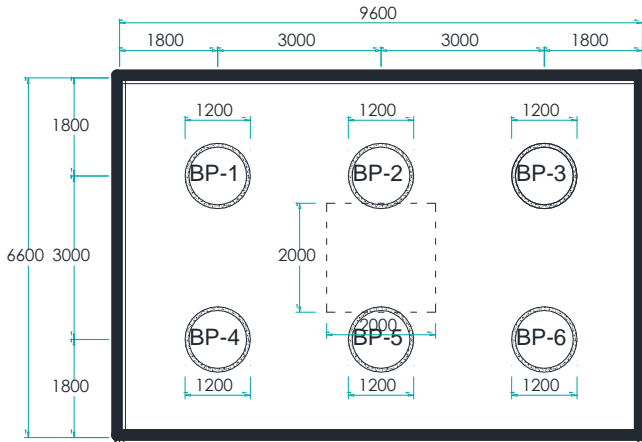
$$d = \text{diameter tiang pancang} = 120 \text{ cm}$$

$$s = \text{jarak antara tiang pancang} = 250 \text{ cm}$$

$$n = \text{banyaknya tiang pancang per kolom} = 2$$

$$m = \text{banyaknya tiang pancang per baris} = 3$$

$$\eta = 0,962$$



Gambar 8.34 Rencana konfigurasi tiang borpile 1200 mm untuk pier 4

8.2.4.6 Perhitungan Daya Dukung Batas Pondasi

Daya dukung batas atas atau daya dukung ijin pondasi dianalisa berdasarkan 2 kondisi yaitu daya dukung batas atas akibat beban vertikal (berupa gaya tekan dan cabut) dan daya dukung batas akibat beban horisontal. Berikut tabel mengenai daya dukung tiang berdasarkan dari lapisan tanah.

Tabel 8.23 Perhitungan gaya spring yang terjadi pada tiang borpile 1200mm

Σli.fi	Depth	La	N Rata ²	Eo	D ^{-3/4}	Ko	K	L	Spring	
	(m)	(m)		(kg/cm ²)	(cm)	(kg/cm ³)	(kg/cm ³)	cm	(kg/cm)	(kg/cm)
0,0	1	0,5	0	0,0	0,032	0,000	0,000	100,000	0,000	0,000
0,4	2	1,5	2	56,0	0,032	0,354	0,354	100,000	3541,751	354,175
4,0	3	2,5	4	112,0	0,032	0,708	0,708	100,000	7083,502	708,350
6,0	4	3,5	6	168,0	0,032	1,063	1,063	100,000	10625,253	1062,525
8,0	5	4,5	8	224,0	0,032	1,417	1,417	100,000	14167,004	1416,700
2,2	6	6,5	11	308,0	0,032	1,948	1,948	100,000	19479,630	1947,963
2,8	7	7,5	14	392,0	0,032	2,479	2,479	100,000	24792,257	2479,226
3,1	8	8,5	15,5	434,0	0,032	2,745	2,745	100,000	27448,570	2744,857
3,4	9	9,5	17	476,0	0,032	3,010	3,010	100,000	30104,883	3010,488
3,8	10	10,5	19	532,0	0,032	3,365	3,365	100,000	33646,634	3364,663
4,2	11	11,5	21	588,0	0,032	3,719	3,719	100,000	37188,385	3718,839
3,7	12	12,5	18,5	518,0	0,032	3,276	3,276	100,000	32761,197	3276,120
3,2	13	13,5	64,5	1806,0	0,032	11,422	11,422	100,000	114221,469	11422,147
10,0	14	14,5	113	3164,0	0,032	20,011	20,011	100,000	200108,930	20010,893
10,0	15	15,5	86,5	2422,0	0,032	15,318	15,318	100,000	153180,730	15318,073
10,0	16	16,5	60	1680,0	0,032	10,625	10,625	100,000	106252,529	10625,253
10,0	17	17,5	60	1680,0	0,032	10,625	10,625	100,000	106252,529	10625,253
10,0	18	18,5	60	1680,0	0,032	10,625	10,625	100,000	106252,529	10625,253
10,0	19	19,5	60	1680,0	0,032	10,625	10,625	100,000	106252,529	10625,253
10,0	20	20,5	60	1680,0	0,032	10,625	10,625	100,000	106252,529	10625,253
10,0	21	21,5	60	1680,0	0,032	10,625	10,625	100,000	106252,529	10625,253
10,0	22	22,5	60	1680,0	0,032	10,625	10,625	100,000	106252,529	10625,253

10,0	23	23,5	60	1680,0	0,032	10,625	10,625	100,000	106252,529	10625,253
10,0	24	24,5	60	1680,0	0,032	10,625	10,625	100,000	106252,529	10625,253
10,0	25	25,5	60	1680,0	0,032	10,625	10,625	100,000	106252,529	10625,253
10,0	26	26,5	60	1680,0	0,032	10,625	10,625	100,000	106252,529	10625,253
10,0	27	27,5	55	1540,0	0,032	9,740	9,740	100,000	97398,152	9739,815
10,0	28	28,5	60	1680,0	0,032	10,625	10,625	100,000	106252,529	10625,253
10,0	29	29,5	60	1680,0	0,032	10,625	10,625	100,000	106252,529	10625,253
10,0	30	30,5	60	1680,0	0,032	10,625	10,625	100,000	106252,529	10625,253
224,8										

Sumber: Hasil Pengolahan Data

Dari hasil penyelidikan lapangan dan laboratorium yang dilakukan oleh badan pemeriksaan tanah diketahui jenis tanah pada lokasi jembatan rencana ini dominan lempung berlanau berpasir. Adapun langkah-langkah perhitungan daya dukung yang bekerja pada tiang borpile diuraikan dibawah ini.

Sumber: Kazuto Nakazawa – Suyono Sosrodarsono (Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi-1990, Judul Asli: Soil Engineering And Foundation Engineering).

Tiang Borpile D-1200 mm

- Menentukan panjang ekivalen penetrasi tiang

Data Perencanaan :

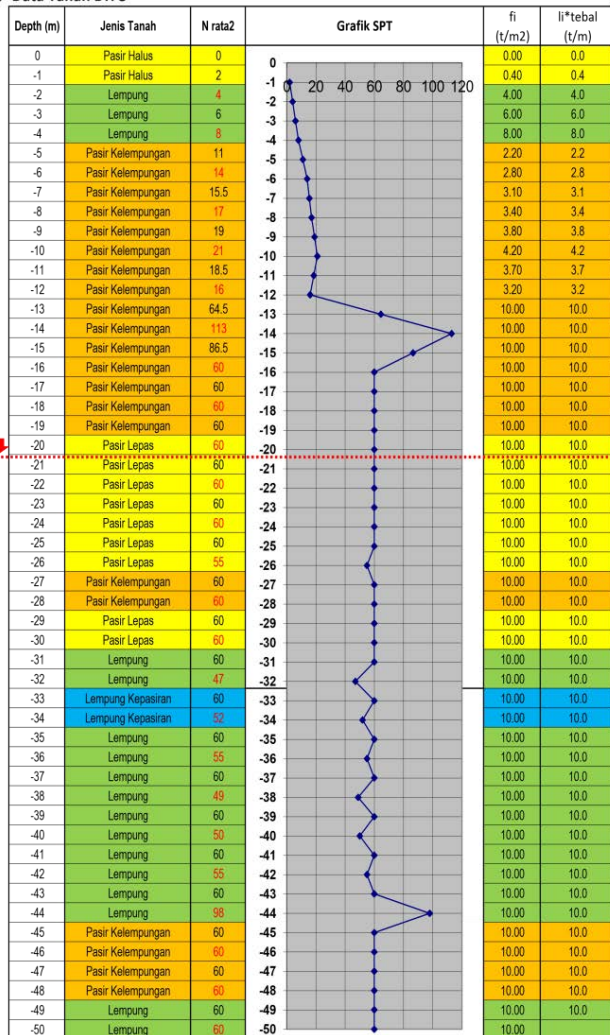
D tiang borpile	= 120	cm
A tiang borpile	= 11309,73	cm ²
O tiang borpile	= 376,991	cm
P tiang pancang	= 2000	cm

Tabel 8.24 Intensitas gaya geser dinding tiang (fi).

(Satuan: t/m ²)		
Jenis tanah pondasi \ Jenis tiang	Tiang pracetak	Tiang yang dicor di tempat
Tanah berpasir	$\frac{N}{5} (\leq 10)$	$\frac{N}{2} (\leq 12)$
Tanah kohesif	c atau $N (\leq 12)$	$\frac{c}{2}$ atau $\frac{N}{2} (\leq 12)$

LOKASI : CIBUBUR

♦ Data Tanah DH 3



Gambar 8.35 Data tanah

$N_{\text{ujung tiang}} = 60 \rightarrow \text{kedalaman } 20 \text{ m}$

$N_{\text{rata-rata } 4D \text{ ke atas dari ujung tiang:}}$

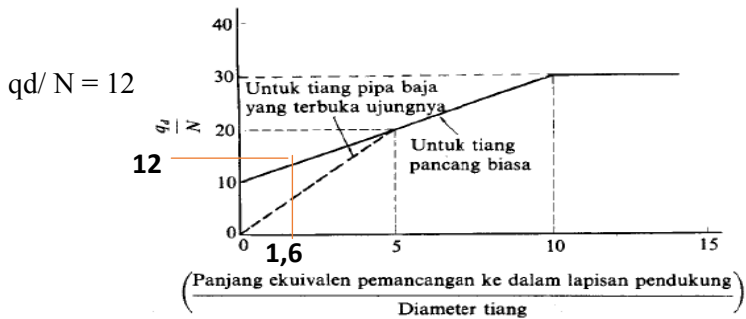
$$4D = 4 \times 1,2 \text{ m} = 4,8 \text{ m}$$

$$N_{\text{rata-rata}} = (60+60+60+60+60)/5 = 60$$

$$\bar{N} = (60+60)/2 = 60$$

Lalu dicari panjang penetrasi berdasarkan grafik SPT, sehingga diperoleh nilai panjang penetrasi sepanjang 1,0 m.

- Daya dukung ujung tiang
 $L/D = 1,9 \text{ m} / 1,2 \text{ m} = 1,60$



Gambar 8.36 Grafik Nilai q_d/N Tiang Borpile D-1200 mm

$$q_d = 12 \times 60 = 720 \text{ t/m}^2$$

Daya Dukung Pada ujung tiang

$$q_d \cdot A = 720 \times 1,13$$

$$= 814,30 \text{ ton}$$

Tabel 8.25 Kapasitas tiang borpile 1200mm

Depth (m)	Kind of Soil	N Average	f _i (t/m ²)	f _i x thickness (li) (t/m)	Σ(f _i *li) (t/m)	P friction (Rf) ton	P bearing (Rt) ton	Pijin Semen tara ton	Pijin Tetap ton
0,00	Soft	0	0	0	0	0,000	0,000	0,000	0,000
-1,00	Soft	2	0,4	0,40	0,40	1,508	27,143	14,326	9,550
-2,00	Soft	4	4,0	4,00	4,40	16,588	54,287	35,437	23,625
-3,00	Soft	6	6	6,00	10,40	39,207	81,430	60,319	40,212
-4,00	Soft	8	8,0	8,00	18,40	69,366	108,573	88,970	59,313
-5,00	Soft	11	2,2	2,20	20,60	77,660	149,288	113,474	75,650
-6,00	Soft	14	2,8	2,80	23,40	88,216	190,004	139,110	92,740
-7,00	Soft	16	3,1	3,10	26,50	99,903	210,361	155,132	103,421
-8,00	Soft	17	3,4	3,40	29,90	112,720	230,719	171,719	114,480
-9,00	Soft	19	3,8	3,80	33,70	127,046	257,862	192,454	128,303
-10,00	Very Stiff	21	4,2	4,20	37,90	142,880	285,005	213,942	142,628
-11,00	Very Stiff	19	3,7	3,70	41,60	156,828	251,076	203,952	135,968
-12,00	Very Hard	65	3,2	3,20	44,80	168,892	875,373	522,133	348,088
-13,00	Very Hard	113	10	10,00	54,80	206,591	1533,600	870,096	580,064
-14,00	Very Hard	87	10	10,00	64,80	244,290	1173,950	709,120	472,747
-15,00	Very Hard	60	10	10,00	74,80	281,989	814,301	548,145	365,430
-16,00	Very Hard	60	10	10,00	84,80	319,688	814,301	566,995	377,996
-17,00	Very Hard	60	10	10,00	94,80	357,388	814,301	585,844	390,563
-18,00	Very Hard	60	10	10,00	104,80	395,087	814,301	604,694	403,129
-19,00	Very Hard	60	10	10,00	114,80	432,786	814,301	623,543	415,696
-20,00	Very Hard	60	10	10,00	124,80	470,485	814,301	642,393	428,262

Gaya Geser Maksimum Dinding Tiang

$$\begin{aligned}
 R_f &= U \cdot \Sigma l_i \cdot f_i \\
 &= 3,14 \times 1,20 \times 124,8 \\
 &= 470,48 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Daya Dukung Tiang Ultimate

Daya dukung tiang ultimate dihitung dengan menggunakan formula:

$$\begin{aligned}
 R_u &= q_d \cdot A + U \cdot \Sigma l_i \cdot f_i \\
 &= 814,30 + 470,48 \\
 &= 1284,79 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Daya Dukung Gaya Vertikal Tiang Tegak

$$\begin{aligned}
 SF &= 3,0 \\
 R_a &= (R_u/SF) \\
 &= (1284,79/3,0) \\
 &= 428,26 \text{ ton/tiang}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 SF &= 2,0 \\
 R_a &= (R_u/SF) \\
 &= (1284,79/2,0) \\
 &= 642,39 \text{ ton/tiang}
 \end{aligned}$$

8.2.4.7 Perhitungan Efisiensi Tiang Pancang

Efisiensi tiang kelompok dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\eta = \frac{2[(m-1).s + (n-1).s] + \pi D}{\pi D.m.n}$$

Dimana:

η = koefisien efisiensi kelompok tiang pancang

D = diameter tiang pancang (m)
 s = jarak antar tiang (m)
 m = jumlah tiang dalam satu kolom (buah)
 n = jumlah tiang dalam satu baris (buah)
 η = 0,962

P_{ijin} tiang pancang $\phi 1,2$ m kedalaman 20 m yaitu:

P_{ijin} tetap = $0,962 \times 428,262$ = 412,177 ton

P_{ijin} sementara = $0,962 \times 642,393$ = 618,265 ton

8.2.4.8 Kontrol Kekuatan Tiang

- Kontrol terhadap gaya aksial

Didapat untuk hasil output SAP2000 terhadap gaya pada tiang adalah sebagai berikut:

Tabel 8.26 Hasil output SAP2000 reaksi dari tiang borpile 1200mm

Combination	P	V2	V3	T	M2	M3
	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m	Tonf-m
D + DL + LL	-130,447	-0,052	-0,150	0,000	-0,078	-0,357
D + EQ X + 0,3EQ Y	-236,102	-34,838	-10,241	0,000	-66,990	-288,182
D + 0,3EQ X + EQ Y	-263,045	-10,521	-32,422	0,000	-233,522	-87,288
D + DL + LL + EQ X + 0,3EQ Y	-209,150	-34,813	-10,439	0,000	-68,494	-288,139
D + DL + LL + 0,3EQ X + EQ Y	-236,093	-10,497	-32,165	0,000	-235,023	-87,114

Sumber: Hasil Pengolahan Data

Berdasarkan kekuatan bahan

$$\begin{aligned}
 \sigma_b &= 0,33 \times f'_c \\
 &= 0,33 \times 30 \\
 &= 9,9 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol, $F > P_{maks}$

$$\begin{aligned}
 F &= 9,9 \times A \\
 &= 9,9 \times (1/4 \times 3,14 \times 1200^2)
 \end{aligned}$$

$$= 11196636,2 \text{ N}$$

$$= 1119,66 \text{ ton} > 263,045 \text{ ton} \dots \text{OK!}$$

Berdasarkan daya dukung tanah

$$P_{\text{ijin tetap}} \geq P_{\text{max}}$$

$$412,177 \geq 263,045 \dots \text{OK!}$$

$$P_{\text{ijin sementara}} \geq P_{\text{max}}$$

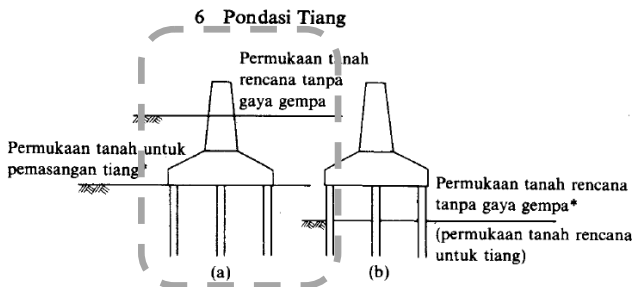
$$618,265 \geq 263,045 \dots \text{OK!}$$

- **Kontrol terhadap gaya lateral**

Daya dukung mendatar yang diijinkan dapat ditentukan dengan persamaan berikut ini:

Tiang-tiang terbenam di dalam tanah

$$H_a = \frac{k \cdot D}{\beta} \cdot \delta_a$$



*Tempat di mana besarnya perpindahan normal dapat diketahui

Gambar 8.37 Kapasitas daya dukung tanah horizontal

dengan :

H_a = kapasitas daya dukung horisontal tiang

E = modulus elastisitas bahan

I = momen inersia penampang

- δ = pergeseran normal (diambil sebesar 1 cm)
 k = koefisien reaksi tanah dasar
 $= k_o \cdot y^{-0,5}$
 k_o = $0,2 E_o \cdot D^{-3/4}$ (nilai k apabila pergeseran diambil sebesar 1cm)
 y = besarnya pergeseran yang dicari
 E_o = modulus elastisitas tanah
 $= 28 \text{ N}$
 h = tinggi tiang yang menonjol di atas permukaan tanah
 β = $\sqrt[4]{\frac{k \cdot D}{4 E I}}$

- **Kapasitas Daya Dukung Horisontal Tiang Borpile D-1200**

$$\begin{aligned}
 E &= 4700 \sqrt{f' c} \\
 &= 25742,96 \text{ N/mm}^2 \\
 &= 257429,60 \text{ kg/cm}^2 \\
 E_o &= 28 \text{ N} \\
 &= 28 \cdot 120 = 1680 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

- Pergeseran tiang di dasar pile cap (∂) = 1 cm

$$\begin{aligned}
 I &= 10173600 \text{ cm}^4 \\
 k &= (0,2 \times 1680 \times 120^{-3/4}) \times 1^{-1/2} \\
 &= 9,267 \text{ kg/cm}^3 \\
 \beta &= \sqrt[4]{\frac{9,267 \times 120}{4 \times 257429,60 \times 10173600}} \\
 &= 0,00321 \text{ cm}^{-1} \\
 I_m &= \mu / (2 \cdot \beta) \\
 &= 3,14 / (2 \times 0,00321) = 489,37 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

- **Daya Dukung Gaya H Tiang Tegak**

$$\begin{aligned}
 \delta &= 1,0 \text{ cm} \\
 H_a &= \frac{k \cdot D}{\beta} \cdot \partial a
 \end{aligned}$$

$$= \left(\frac{9,267 \times 120}{0,00321} \times 1,00 \right) / 1000$$

$$= 346,46 \text{ ton/tiang}$$

Gaya lateral yang terjadi untuk masing-masing tiang:

$$SF = 3,0$$

$$H_{ijin} = 115,49 \text{ ton} > H \text{ 1 tiang ...OK!}$$

$$SF = 2,0$$

$$H_{ijin} = 173,23 \text{ ton} > H \text{ 1 tiangOK!}$$

- **Daya dukung tiang terhadap cabut**

Menurut referensi Mekanika Tanah dan Pondasi, Suyono Sosroardsono, Kazuto Nazakawa, perencanaan gaya tarik terhadap tiang adalah dengan cara membagi kekuatan geser maksimum tanah terhadap angka keamanan:

$$SF = 3,0$$

$$R_f = 470,48/3 = 156,826 \text{ ton}$$

Adapun untuk hasil output reaksi SAP2000 tiang untuk borpile mengalami gaya tekan semua dan tidak ada reaksi cabut.

- **Kontrol defleksi**

Defleksi yang terjadi pada tiang dihitung dengan perumusan diambil dari persamaan 2.162 “analisis dan perancangan fondasi bagian II” Hary Christady Hardiyantmo, hal 318 sebagai berikut:

Deflection at head untuk fixed-headed pile,

$$Y = \frac{H(e + Zf)^3}{12 EI}$$

Kedalaman titik jepit tiang (Z_f) dihitung dengan perumusan:

$$Z_f = 1,8 T = 1,8 \times \sqrt[5]{\frac{EI}{n_h}}$$

$$n_h \text{ untuk lempung} = 350 \text{ kN/m}^3 = 3,50 \text{ kg/cm}^3$$

$$Z_f = 1,8 \times \sqrt[5]{\frac{303505,52 \times 4908738,521}{3,5}}$$

$$= 381,141 \text{ cm} = 3,811 \text{ m}$$

$$Y = \frac{H(e + Z_f)^3}{12 EI}$$

$$= \frac{10,625(0 + 381,141)^3}{12 \times 303505,52 \times 4908738,521}$$

$$= 0,0329 \text{ cm}$$

$$Y < Y_{\text{maks}} = 1 \text{ cm} \rightarrow \text{..... OK!}$$

8.2.4.9 Perencanaan Penulangan Borpile 1200 mm

Pada penulangan tiang borpile untuk pilar P1 digunakan alat bantu SAP2000. Dengan memasukkan data sebagai berikut:

$$f_c' = 30 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 360 \text{ Mpa}$$

$$\text{Diameter} = 1200 \text{ mm}$$

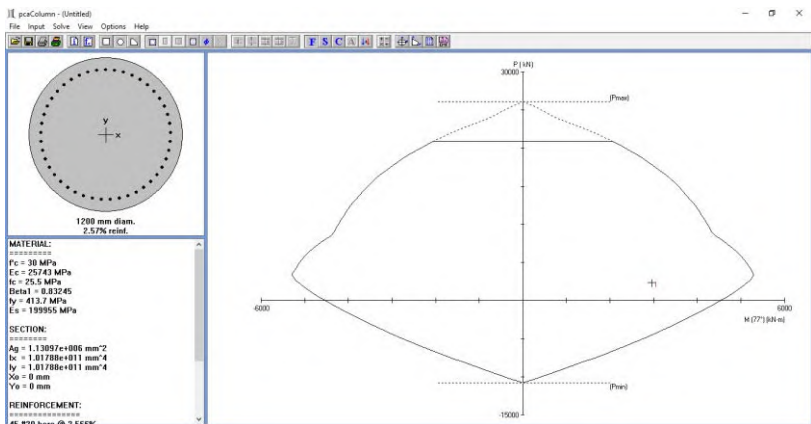
$$\text{Selimut} = 70 \text{ mm}$$

ACI 318-99 COLUMN SECTION DESIGN			Type: Sway Intermediate	Units: N, mm, C (Summary)	
L=20000,000					
Element	: 4	D=1200,000	dc=128,700		
Station Loc	: 3500,000	E=25742,960	Fc=30,000	Lt.Wt. Fac.=1,000	
Section ID	: BORPILE 1200mm	Fy=360,000	Fys=360,000	As=28584,7 (Determined)	
Combo ID	: COMB2	RLLF=1,000		As=2,527% (Determined)	
Phi(Compression-Spiral): 0,750			Overstrength Factor: 1,25		
Phi(Compression-Tied): 0,700					
Phi(Tension): 0,900					
Phi(Bending): 0,900					
Phi(Shear/Torsion): 0,850					
AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN FOR PU, M2, M3					
	Rebar	Design	Design	Design	Minimum
	Area	Pu	M2	M3	M2
	28584,691	2114669,898	966882655,	-3449009854	108355685,6
					108355685,6

Gambar 8.6 Hasil output SAP 2000 untuk kebutuhan tulangan untuk borpile 1200

Perhitungan penulangan utama

Diperoleh tulangan untuk kebutuhan penulangan borpile 1200mm 45D29: $29723,393 \text{ mm}^2 > 28584,691 \text{ mm}^2$. Adapun pengecekan juga dilakukan dengan menggunakan software bantu Pca Col



Gambar 9.3 Penulangan Borpile 1200 mm dengan Program Pca Col

Kapasitas kekuatan penampang

$$\begin{aligned}
 \emptyset &= 0,75 \\
 \emptyset.P_n &= 0,75 \emptyset (0,85 \times f'_c (A_g - A_{st}) + f_y \times A_{st}) \\
 &= 24723713,5 \text{ N} \\
 &= 2472,371 \text{ ton} > 236,10 \text{ ton} \dots \text{OK!}
 \end{aligned}$$

Tulangan geser

$$\begin{aligned}
 V &= 34,84 \text{ ton} \\
 &= 348380 \text{ N} \\
 D &= 1200 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{u \max} &= 0,2 \times f'_c \times b_w \times d \\
 &= 6785840,132 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\emptyset.V_c = 5089380,099 \text{ N}$$

Kontrol >>> $V_u \leq \emptyset.V_c$ Kehancuran badan tidak akan terjadi masalah

$$\begin{aligned}
 \beta_1 &= (d/2000) > 1.1 \\
 &= 1200/2000 = 0,6 \\
 &= 1.100
 \end{aligned}$$

$$\beta_2 = 1.000$$

$$\beta_3 = 1.000$$

$$\begin{aligned}
 V_{uc} &= \beta_1. \beta_2. \beta_3. b. d. ((A_{st}. f_c) / (b_v. d_o))^{1/2} \\
 &= 903812,9 \text{ N} \\
 &= 90,3813 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{u_{\min}} &= V_{uc} + 0,6 \times b_w \times d \\
 &= 91,0599 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

$$V_{u_{\min}} \times \phi = 81,9539 \text{ ton}$$

Kontrol >>> $V_{u_{\min}} \times \phi > V_u \dots \text{OK!}$

$$A_{sv}/s = V_{uc}/f_y \times d$$

Diasumsikan jarak tulangan = 200 mm

$$\begin{aligned}
 A_{sv} &= \frac{V_{uc} \times s}{f_y \times d} \\
 &= 167,4 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Maka gunakan tulangan $\emptyset 16-200$

$$A_{st} = 201,06 \text{ mm}^2 > 167,4 \text{ mm}^2 \dots \text{OK!}$$

8.2.4.10 Perencanaan Penulangan Pilar P4

Penulangan Pilehead

Data Perencanaan:

Lebar	= 2000 mm
Panjang	= 9000 mm
Tebal	= 2000 mm
Diameter tulangan utama	= 32 mm
Diameter tulangan pembagi	= 16 mm
Selimit Beton	= 70 mm
f'_c	= K-500 (41,7 Mpa)
f_y	= 360 Mpa
β_1	= 0,77
ρ_b	= 0,061

Didapat hasil output bagian pilecap dari program SAP2000 v14.2.2

$$\begin{aligned}
 M^* &= 709358600 \text{ Nmm} \\
 M^*/bd^2 &= 709358600 \text{ Nmm} / 9000 \text{ mm} \times (1816 \text{ mm})^2 \\
 &= 0,024 \text{ N/mm}^2 \\
 \rho_b &= \left(\frac{0,85 \times f'_c \times \beta_1}{f_y} \right) \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\
 &= \left(\frac{0,85 \times 41,7 \times 0,77}{360} \right) \times \left(\frac{600}{600 + 360} \right) \\
 &= 0,056 \\
 \rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_{\text{balance}} \\
 &= 0,75 \times 0,047 \\
 &= 0,042 \\
 \rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1,4}{360} = 0,004 \\
 \rho &= \frac{K_c^R \times fy - \sqrt{(K_c^R \times fy)^2 - 2,4K_c^R \left(\frac{M}{bd^2} \right) \left(\frac{fy^2}{fc} \right)}}{1,2K_c^R \left(\frac{fy^2}{fc} \right)} \\
 &= 0,0001
 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned}
 \rho_{\min} &< \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max} \\
 0,004 &< 0,0001 < 0,042
 \end{aligned}$$

Dipakai $\rightarrow \rho_{\min} = 0,004$

Luas tulangan

As perlu

$$\begin{aligned}
 &= \rho_{\min} \times b \times d \\
 &= 0,004 \times 9000 \times 1816 \\
 &= 71505,00 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Digunakan Tulangan D32-100

As

$$\begin{aligned}
 &= \frac{0,25 \times \pi \times D^3 \times b}{S_{\text{pakai}}} \\
 &= \frac{0,25 \times \pi \times 32^3 \times 9000}{100} \\
 &= 72345,60 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

As tulangan > As Perlu

$$72345,60 \text{ mm}^2 > 71505,00 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{OK} \dots!$$

Tulangan Memanjang:

Ast

$$\begin{aligned}
 &= 20\% \text{ Tulangan Utama (mm}^2\text{)} \\
 &= 20\% \times 72345,60 \\
 &= 14469,12 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Digunakan Tulangan D16-100

$$\begin{aligned}
 A_s &= \frac{0,25 \times \pi \times D^3 \times b}{S_{pakai}} \\
 &= \frac{0,25 \times \pi \times 16^3 \times 9000}{100} \\
 &= 18086,40 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ tulangan} &> A_s \text{ Perlu} \\
 18086,40 \text{ mm}^2 &> 14469,12 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol Geser

$$\begin{aligned}
 \beta_1 &= (1,4 \text{ d}/2000) > 1.1 \\
 &= 1,4 \cdot 1816/2000 = 0,492 \\
 &= 1.100 \\
 \beta_2 &= 1.000 \\
 \beta_3 &= 1.000 \\
 V_{uc} &= \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \beta_3 \cdot b \cdot d \cdot ((A_{st} \cdot f_c)/(b \cdot v \cdot d_o))^{1/3} \\
 &= 4578466,75 \text{ N} > V_u \text{ yang terjadi (OK)}
 \end{aligned}$$

Penulangan Kolom Pilar

Data Perencanaan:

Lebar	= 2000 mm
Panjang	= 2000 mm
Tebal	= 9500 mm
Diameter tulangan utama	= 32 mm
Diameter tulangan geser	= 16 mm
Selimut Beton	= 70 mm
f'_c	= K-500 (41,7 Mpa)
f_y	= 360 Mpa

Didapat hasil output bagian kolom pilar dari program SAP2000 v14.2.2 untuk perencanaan kebutuhan tulangan.

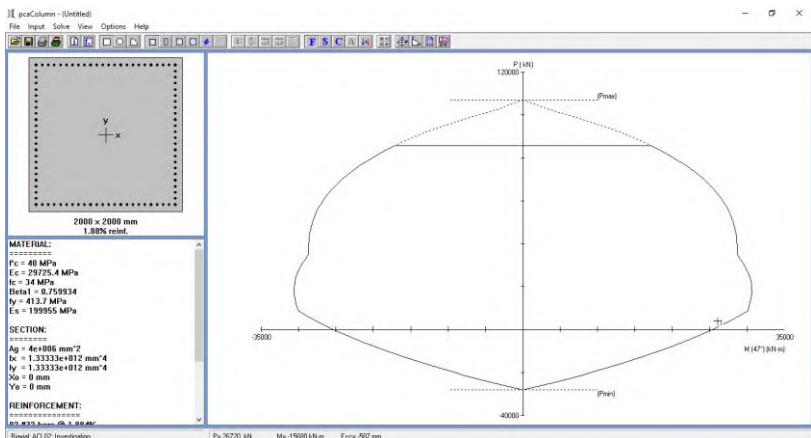
ACI 318-99 COLUMN SECTION DESIGN				Type: Sway Intermediate	Units: N, mm, C (Summary)
L=13500,000					
Element :	45	B=2000,000	D=2000,000	dc=107,026	
Station Loc :	13500,000	E=29725,410	Fc=40,000	Lt.Wt. Fac.=1,000	
Section ID :	PILAR KECIL	Fy=360,000	Fys=360,000	As=71421, (Determined)	
Combo ID :	COMB5	RLLF=1,000		As=1,786% (Determined)	
Phi(Compression-Spiral): 0,750 Overstrength Factor: 1,25					
Phi(Compression-Tied): 0,700					
Phi(Tension): 0,900					
Phi(Bending): 0,900					
Phi(Shear/Torsion): 0,850					
AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN FOR PU, M2, M3					
	Rebar	Design	Design	Design	Minimum
	Area	Pu	M2	M3	M2
	71420,501	360298,418	5201858096	1,876E+10	102348852,9

Gambar 9.2 Hasil Output SAP2000 untuk Kolom Pilar P1

Diperoleh tulangan 90D32

Dengan $A_{st} = 72382,294 \text{ mm}^2 > 71420,501 \text{ mm}^2$

Adapun untuk pengecekan kapasitas penampang tulangan digunakan software Pca Col



Gambar 9.3 Penulangan kolom pilar 2,00 x 2,00 Program Pca Col

Kapasitas kekuatan penampang

$\phi = 0,75$ untuk sengkang persegi

$\phi.P_n = 0,75 \phi (0,85 \times f'_c (A_g - A_{st}) + f_y \times A_{st})$

$$= 210117850,4 \text{ N}$$

$$= 21011,785 \text{ ton} > 394,19 \text{ ton} \dots \text{OK!}$$

Tulangan geser

$$V = 143,808 \text{ ton}$$

$$= 1438080 \text{ N}$$

$$d = 2000 \text{ mm}$$

$$V_u \text{ max} = 0,2 \times f'_c \times b_w \times d$$

$$= 32000000 \text{ N}$$

$$\emptyset.V_c = 24000000 \text{ N}$$

Kontrol >>> $V_u \leq \emptyset.V_c$ Kehancuran badan tidak akan terjadi masalah

$$\beta_1 = (d/2000) > 1.1$$

$$= 2000/2000 = 1,0$$

$$= 1.100$$

$$\beta_2 = 1.000$$

$$\beta_3 = 1.000$$

$$V_{uc} = \beta_1. \beta_2. \beta_3. b. d. ((A_{st}. f'_c) / (b_v. d_o))^{1/2}$$

$$= 3062800,3 \text{ N}$$

$$= 306,2800 \text{ ton}$$

$$V_{u_{\min}} = V_{uc} + 0,6 \times b_w \times d$$

$$= 308,6800$$

$$V_{u_{\min}} \times \phi = 277,8120 \text{ ton}$$

Kontrol >>> $V_{u_{\min}} \times \phi > V_u \dots \text{OK!}$

$$A_{sv}/s = V_{uc}/f_y \times d$$

Diasumsikan jarak tulangan = 100 mm

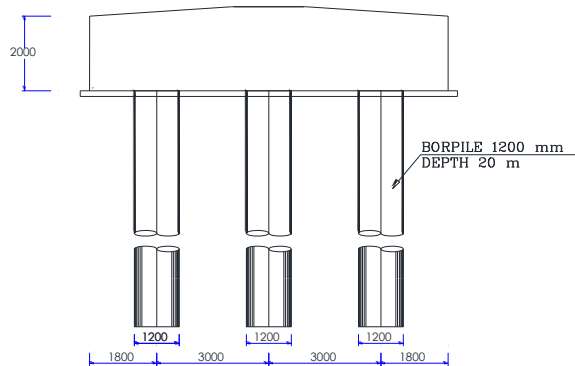
$$A_{sv} = \frac{V_{uc} \times s}{f_y \times d}$$

$$= 425,4 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan jarak tulangan 4Ø16-100

$$A_{st} = 804,25 \text{ mm}^2 > A_{sv} (= 425,4,0 \text{ mm}^2)$$

Penulangan Poer



Gambar 8.42 Penampang Poer

Data Perencanaan:

Lebar	= 6600 mm
Panjang	= 9600 mm
Tebal	= 2000 mm
Diameter tulangan arah x	= 36 mm
Diameter tulangan arah y	= 36 mm
Selimut Beton	= 70 mm
dx	= 1907 mm
dy	= 1871 mm
f'_c	= K-500 (41,7 Mpa)
f_y	= 360 Mpa
β_1	= 0,77
ρ_b	= 0,0502
m	= 10,59

Penulangan arah X

qu (berat poer) = 46,08 ton/m

$$I = (B_{\text{poer}} - B_{\text{kolom}})/2 = \frac{9,6 - 2}{2} = 3,8 \text{ m}$$

$$q = q_u \times l = 46,08 \text{ ton/m} \times 3,8 \text{ m} = 175,104 \text{ ton}$$

Tabel 8.27 Hasil output reaksi dari SAP2000 untuk borpile 1200mm

Combination	P	V2	V3	T	M2	M3
	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m	Tonf-m
D + DL + LL	-130,447	-0,052	-0,150	0,000	-0,078	-0,357
D + EQ X + 0,3EQ Y	-236,102	-34,838	-10,241	0,000	-66,990	-288,182
D + 0,3EQ X + EQ Y	-263,045	-10,521	-32,422	0,000	-233,522	-87,288
D + DL + LL + EQ X + 0,3EQ Y	-209,150	-34,813	-10,439	0,000	-68,494	-288,139
D + DL + LL + 0,3EQ X + EQ Y	-236,093	-10,497	-32,165	0,000	-235,023	-87,114

$$\begin{aligned} \text{Diambil } P_{\text{max}} &= 236093 \text{ kg} \\ n \text{ (jumlah tiang borpile)} &= 6 \text{ buah} \\ P_{\text{tot}} &= P_{\text{max}} \times n = 236093 \text{ kg} \times 6 \\ &= 1416558 \text{ kg} \\ \text{Momen yang terjadi} &= M_q - M_p \\ &= (q \times \frac{1}{2} I) - (P \times \text{jarak borpile ke kolom}) \\ &= 5050,2228 \text{ tonm} \\ &= 50502228000 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= 50502228000/0,8 \\ &= 63127785000 \text{ Nmm} \\ R_n &= M_n/b \cdot d x^2 \\ &= 1,808 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \left(\frac{0,85 \times f'_c \times \beta_1}{f_y} \right) \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \left(\frac{0,85 \times 41,7 \times 0,77}{360} \right) \times \left(\frac{600}{600 + 360} \right) \\ &= 0,0502 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\max} &= 0.75 \cdot \rho_{\text{balance}} \\ &= 0.75 \times 0,0502 \\ &= 0,038\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{360} = 0,0039\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= 0,00512\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Syarat : } \quad &\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max} \\ &0,004 < 0,0052 < 0,036\end{aligned}$$

$$\text{Dipakai} \rightarrow \rho_{\min} = 0,0052$$

Luas tulangan

$$\begin{aligned}\text{As perlu} &= \rho_{\min} \times b \times d \\ &= 0,0052 \times 9600 \times 1907 \\ &= 94537,847 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Digunakan Tulangan D36-100

$$\begin{aligned}\text{As} &= \frac{0,25 \times \pi \times D^3 \times b}{S_{\text{pakai}}} \\ &= \frac{0,25 \times \pi \times 36^3 \times 9600}{100} \\ &= 97716,098 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{As tulangan} &> \text{As Perlu} \\ 97716,098 \text{ mm}^2 &> 94537,847 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{OK ...!}\end{aligned}$$

Penulangan arah Y

$$\text{qu (berat poer)} = 46,08 \text{ ton/m}$$

$$I = (\text{Bpoer} - \text{Bkolom})/2 = \frac{9,6 - 2}{2} = 2,3 \text{ m}$$

$$q = q_u \times l = 46,08 \text{ ton/m} \times 2,3 \text{ m} = 105,984 \text{ ton}$$

Tabel 8.28 Hasil output reaksi dari SAP2000 untuk borpile 1200mm

Combination	P	V2	V3	T	M2	M3
	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m	Tonf-m
D + DL + LL	-130,447	-0,052	-0,150	0,000	-0,078	-0,357
D + EQ X + 0,3EQ Y	-236,102	-34,838	-10,241	0,000	-66,990	-288,182
D + 0,3EQ X + EQ Y	-263,045	-10,521	-32,422	0,000	-233,522	-87,288
D + DL + LL + EQ X + 0,3EQ Y	-209,150	-34,813	-10,439	0,000	-68,494	-288,139
D + DL + LL + 0,3EQ X + EQ Y	-236,093	-10,497	-32,165	0,000	-235,023	-87,114

$$\begin{aligned}
 \text{Diambil } P_{\max} &= 236093 \text{ kg} \\
 n \text{ (jumlah tiang borpile)} &= 6 \text{ buah} \\
 P_{\text{tot}} &= P_{\max} \times n = 236093 \text{ kg} \times 6 \\
 &= 1416558 \text{ kg} \\
 \text{Momen yang terjadi} &= M_q - M_p \\
 &= (q \times \frac{1}{2} l) - (P \times \text{jarak borpile ke kolom}) \\
 &= 964,1462 \text{ tonm} \\
 &= 9641462000 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= 9641462000/0,8 \\
 &= 12051827500 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= M_n/b.d.x^2 \\
 &= 1,878
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_b &= \left(\frac{0,85 \times f'_c \times \beta_1}{f_y} \right) \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\
 &= \left(\frac{0,85 \times 41,7 \times 0,77}{360} \right) \times \left(\frac{600}{600 + 360} \right) \\
 &= 0,0502
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_{\text{balance}} \\
 &= 0,75 \times 0,0502
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,038 \\
 \rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} \\
 &= \frac{1,4}{360} = 0,0039 \\
 \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\
 &= 0,00512 \\
 \text{Syarat : } &\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max} \\
 &0,004 < 0,0052 < 0,036 \\
 \text{Dipakai } \rightarrow &\rho_{\min} = 0,0052
 \end{aligned}$$

Luas tulangan

$$\begin{aligned}
 \text{As perlu} &= \rho_{\min} \times b \times d \\
 &= 0,0052 \times 9600 \times 1907 \\
 &= 96465,368 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Digunakan Tulangan D36-100

$$\begin{aligned}
 \text{As} &= \frac{0,25 \times \pi \times D^3 \times b}{S_{\text{pakai}}} \\
 &= \frac{0,25 \times \pi \times 36^3 \times 9600}{100} \\
 &= 97716,098 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{As tulangan} &> \text{As Perlu} \\
 97716,098 \text{ mm}^2 &> 96465,368 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{OK ...!}
 \end{aligned}$$

- Kontrol geser ponds

$$\begin{aligned}
 b_w &= \text{keliling pancang} + \text{tebal poer} \\
 &= 9539,822 \text{ mm} \\
 V_c &= 1/6 \cdot \sqrt{f_c} \cdot b_w \cdot d' \\
 &= 19297483,19 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_u &= P_{\max}/0,75 \\
 &= 314,791 \text{ ton} \\
 &= 3147906,667 \text{ N} < V_c \rightarrow \textbf{Tebal Poer Memenuhi}
 \end{aligned}$$

- Kontrol geser

$$\begin{aligned}
 V_u &= 236,09 \text{ ton} \\
 &= 2360930 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{u \max} &= 0,2 \times f_c' \times b_w \times d \\
 &= 109843200 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\phi V_c = 82382400 \text{ N}$$

Kontrol, $V_u \leq \phi V_c \rightarrow \textbf{Kehancuran badan tidak akan terjadi masalah}$

$$\begin{aligned}
 \beta_1 &= d/2000 \\
 &= 1,00 \leq 1,1
 \end{aligned}$$

$$\beta_2 = 1$$

$$\beta_3 = 1$$

$$\begin{aligned}
 V_{uc} &= \beta_1 \times \beta_2 \times \beta_3 \times b_w \times d (A_{st} \times f_c' / b_w \times d)^{0,5} \\
 &= 3259958,5 \text{ N} \\
 &= 325,9959 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{u \min} &= V_{uc} + 0,6 \times b_w \times d \\
 &= 326,6744 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

$$V_{u \min} \times \phi = 294,007 \text{ ton}$$

Kontrol, $V_{u \min} \times \phi > V_u \rightarrow \textbf{Ok}$

Diasumsikan jarak tulangan yaitu 100 mm

$$\begin{aligned}
 A_{sv} &= (V_{uc} \times s) / (f_y \times d) \\
 &= 301,8 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D22 – 100

$$\begin{aligned} A_{\text{pakai}} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \\ &= 380,13 \text{ mm}^2 \rightarrow \textbf{Memenuhi} \end{aligned}$$

BAB IX

PENUTUP

9.1 Kesimpulan

Dari hasil perencanaan yang diperoleh dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Mutu baja pelat yang digunakan yaitu BJ-50 ($f_y = 290$ MPa; $f_u = 500$ Mpa), seangkan mutu beton menggunakan $f_c' 40$ Mpa.
2. Dimensi pelat precast yang digunakan $2,4 \times 4,5$ m²
3. Steel-concrete box bridges digunakan web plate setebal 50 mm, top flange 50 mm, dan bottom flange dengan lendutan maksimal di tengah bentang 5,7 cm dari lendutan ijin 10 cm.
4. Diafragma digunakan adalah profil L 100.100.10
5. Perletakan berupa sendi dan rol.
6. Konstruksi pilar 1 & 4 berupa dinding penuh setebal 0,6 m dengan lebar 3,0 m untuk mendukung bentang jembatan 120 m. Sedangkan dimensi pile cap dengan tinggi = 2 m, dan panjang = 5,5 m, lebar = 10,5 m.
7. Konstruksi pondasi jarak antar tiang = 2,5 m dan jarak tiang ke tepi = 1,5 m dengan menggunakan tiang pancang jenis borpile D1000 mm dengan jumlah tiang tegak 8 buah.
8. Konstruksi pilar 2 & 3 berupa dinding penuh setebal 2,0 m dengan lebar 3,0 m untuk mendukung bentang jembatan 120 m. Sedangkan dimensi pile cap dengan tinggi = 2 m, dan panjang = 9,9 m, lebar = 27,9 m.
9. Konstruksi pondasi jarak antar tiang = 4,5 m dan jarak tiang ke tepi = 2,7 m dengan menggunakan tiang pancang jenis borpile D1800 mm dengan jumlah tiang tegak 12 buah.

9.2 Saran

Dari hasil uraian diatas, ada beberapa yang perlu diperhatikan:

1. Pelaksanaan untuk jembatan ini menggunakan sistem balance kantilever.
2. Perlu adanya penambahan tebal lean concrete saat pelaksanaan tiang pancang

DAFTAR PUSTAKA

American Institute of steel construction, 2010, *Specification For Structural Steel Buildin.s*

Badan Standardisasi Nasional, RSNI3, 2833:201X. *Perancangan Jembatan Terhadap Beban Gempa,*

Republik Indonesia Departement Perhubungan Direktorat Jenderal Perkeretaapian, 2006, *Standar Teknis Kereta Api Indonesia untuk Struktur Jembatan Baja.*

Sosrodarsono, S., & Nakazawa, K. 2000. *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi*. Jakarta: PT Pradnya Paramita.

Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-1729-2002, *Tata Cara Pelaksanaan Struktur baja untuk bangunan gedung*. Departement Pekerjaan umum.

Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-2847-2002, *Tata Cara Perhitungan Struktur beton untuk bangunan gedung*. Departement Pekerjaan umum.

Standar Nasional Indonesia (SNI) T-03-2005, *Perencanaan Strutur Baja Untuk Jembatan*. Departement Pekerjaan Umum.

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

Biodata Penulis



Penulis dilahirkan di Pamekasan pada tanggal 20 April 1994, dan merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penulis menempuh pendidikan dasar di SDN Barurambat Kota I, Pamekasan. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan di SMPN 2 Pamekasan dan SMAN 1 Pamekasan dan lulus

pada tahun 2012. Penulis melanjutkan mengikuti ujian masuk Diploma III Teknik Sipil FTSP ITS dan terdaftar dengan NRP 3112030057. Di jurusan ini penulis mengambil konsentrasi bidang transportasi. Penulis mengikuti beberapa organisasi dikampus selama menjadi mahasiswa yaitu Jamaah Masjid Al-Azhar (JMAA), Himpunan Mahasiswa D3 Teknik Sipil (Himadeteksi), dan Workshop Entrepreneur & Technology ITS (WE&T ITS). Selain itu, penulis juga mengikuti Program Kerja Praktek di Proyek Pembangunan Jalan Tol Surabaya-Mojokerto SIE-IV PT. WIJAYA KARYA. Penulis juga masih termotivasi untuk menuntut ilmu sipil dan meneruskan pendidikan di DIV Lanjut Jenjang Teknik Sipil FTSP ITS dan terdaftar dengan NRP 3115040505, penulis juga pernah mengerjakan Tugas Akhir “Perencanaan Peningkatan Ruas Jalan Turen-Bts. Kab. Lumajang Sta

0+000-3+000 dengan Menggunakan Perkerasan Kaku
di Kab. Malang, Jawa Timur”.